

**GUÍA TÉCNICA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LLANTAS EN AUTOBUSES  
DE TRANSPORTE URBANO**

**PRESENTADO POR**

**ING. ALEXANDER EFRÉN CONTRERAS ACERO**

**ING. EDGAR ROLANDO NAVARRETE MURCIA**

**UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA EN MANTENIMIENTO  
BOGOTÁ DC  
2015**

**GUÍA TÉCNICA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LLANTAS EN AUTOBUSES  
DE TRANSPORTE URBANO**

**ALEXANDER EFRÉN CONTRERAS ACERO  
EDGAR ROLANDO NAVARRETE MURCIA**

**Proyecto de grado como requisito para optar al título de Especialistas en  
Gerencia de Mantenimiento.**

**Asesor:  
ING. MIGUEL ANGEL URIAN TINOCO  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**UNIVERSIDAD ECCI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA EN MANTENIMIENTO  
BOGOTÁ DC  
2015**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	12
Guía Técnica Para La Administración De Llantas En Autobuses De Transporte Urbano.	12
<b>2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.</b>	12
2.1. Descripción Del Problema.	14
2.2. Formulación Del Problema.	15
2.3. Sistematización Del Problema.	15
<b>3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	17
3.1. Objetivo General.	17
3.2. Objetivos Específicos.	17
<b>4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN.</b>	18
4.1. Justificación.	18
4.2. Delimitación.	19
4.3. Limitaciones.	19
<b>5. MARCO CONCEPTUAL.</b>	20
5.1 Marco Teórico.	20
5.2. Estado Del Arte.	38
5.2.1. Estado Del Arte Local	38
5.2.2. Estado Del Arte Nacional.	40
5.2.3. Estado Del Arte Internacional	45
5.3 Marco Legal	47
<b>6. CLASES DE INVESTIGACIÓN.</b>	48
6.1. Clases De Investigación	48
6.2. Investigación Documental.	49
6.3. Investigación Descriptiva	49

<b>7. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>50</b>
7.1. Recolección de Datos.....	50
7.1.1. Mantenimiento: .....	50
7.1.2. Condiciones asociadas al uso y consumo de llantas.....	52
7.1.3. Tipo y estado de las superficies de las vías recorridas.....	58
7.1.4. Aplicaciones de llantas según tipo de operación. ....	58
7.1.5. Clasificación de llantas por construcción. ....	59
7.1.6. Clasificación de llantas por tipo de ensamble. ....	59
7.1.7. Clasificación de llantas por tipo de banda de rodamiento.....	60
7.1.8. Clasificación de llantas según tipo de servicio.....	62
7.1.9. Conceptos de Administración de Llantas.....	64
7.1.10. Reencauche de Llantas.....	73
7.1.11. Análisis de Llantas Fuera de Servicio. ....	80
7.1.12 Disposición Final de Llantas Usadas.....	83
7.1.13. Administración de la Información. ....	92
7.1.14. Instalaciones, Equipo, y Herramientas Para Servicio Técnico. ....	94
7.1.15. Indicadores de Administración de Llantas.....	98
7.1.15.1. Costo por kilómetro. ....	98
7.1.15.2. Rendimiento kilométrico. ....	98
7.1.15.3. Índice de reencauche. ....	99
7.1.15.4. Porcentaje de reencauche. ....	99
7.2. Análisis de Datos .....	100
7.3. Guía Técnica .....	101
7.4. Entrega de Resultados .....	101
<b>8. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>102</b>
8.1. Fuentes Primarias. ....	102

8.2. Fuentes Secundarias. ....	102
<b>9. ANALISIS FINANCIERO. ....</b>	<b>104</b>
9.1. Presupuesto del Proyecto .....	104
9.2. Retorno de la Inversión. ....	105
<b>10. TALENTO HUMANO. ....</b>	<b>106</b>
<b>11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>108</b>
11.1. Conclusiones. ....	108
11.2. Recomendaciones. ....	109
<b>12. BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA. ....</b>	<b>110</b>
12.1. Bibliografía. ....	110

## TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. LLANTA O NEUMÁTICO .....	20
ILUSTRACIÓN 2. TIPOS DE LLANTA .....	21
ILUSTRACIÓN 3. PARTES DE LA LLANTA .....	22
ILUSTRACIÓN 4. LLANTA TIPO POR CÁMARA O NEUMÁTICO .....	23
ILUSTRACIÓN 5. NOMENCLATURA DE LAS LLANTAS .....	25
ILUSTRACIÓN 6. DESMONTE DE LLANTA .....	27
ILUSTRACIÓN 7. ALINEACIÓN .....	28
ILUSTRACIÓN 8. BALANCEO .....	29
ILUSTRACIÓN 9. ROTACIÓN DE LLANTAS .....	30
ILUSTRACIÓN 10. CALIBRACIÓN DE LLANTAS .....	30
ILUSTRACIÓN 11. PROCESO DE REENCAUCHE .....	31
ILUSTRACIÓN 12. REGRABADO DE LLANTAS .....	31
ILUSTRACIÓN 13. INSPECCIÓN DE LLANTAS .....	32
ILUSTRACIÓN 14. REPARACIÓN DE LLANTA .....	32
ILUSTRACIÓN 15. BAMBURY .....	34
ILUSTRACIÓN 16. EXTRUSORA. ....	34
ILUSTRACIÓN 17. CONSTRUCCIÓN DEL TALÓN .....	35
ILUSTRACIÓN 18. CONSTRUCCIÓN DE LA LLANTA .....	36
ILUSTRACIÓN 19. PRENSA DE CURACIÓN .....	36
ILUSTRACIÓN 20. INSPECCIÓN VISUAL .....	37

ILUSTRACIÓN 21. RAYOS X.....	37
ILUSTRACIÓN 22. DISEÑO BANDAS DE RODAMIENTO. ....	61
ILUSTRACIÓN 23. LLANTAS PARA AUTOPISTA O CARRETERA. ....	62
ILUSTRACIÓN 24. LLANTAS PARA USO REGIONAL.....	63
ILUSTRACIÓN 25. LLANTAS PARA USO URBANO.....	63
ILUSTRACIÓN 26. LLANTAS DE CARRETERA.....	64
ILUSTRACIÓN 27. PESAJE DE VEHÍCULOS.....	68
ILUSTRACIÓN 28. INFLUENCIA DE LA PRESIÓN EN EL RENDIMIENTO KILOMÉTRICO .....	69
ILUSTRACIÓN 29. INSPECCIÓN INICIAL .....	75
ILUSTRACIÓN 30. PELADO DE CARCASA.....	75
ILUSTRACIÓN 31. PREPARACIÓN DE CARCAZA.....	76
ILUSTRACIÓN 32. REPARACIÓN DE CARCAZA.....	76
ILUSTRACIÓN 33. RELLENO DE CARCAZA .....	77
ILUSTRACIÓN 34. CORTE Y CEMENTADO DE BANDA.....	77
ILUSTRACIÓN 35. CEMENTADO DE CARCAZA .....	78
ILUSTRACIÓN 36. EMBANDADO.....	78
ILUSTRACIÓN 37. VULCANIZACIÓN .....	79
ILUSTRACIÓN 38. INSPECCIÓN FINAL .....	79
ILUSTRACIÓN 39. PARTICIPANTE EN ANÁLISIS DE LLANTAS .....	81
ILUSTRACIÓN 40. ANÁLISIS Y TOMA DE DATOS DE LLANTAS. ....	82
ILUSTRACIÓN 41. DIAGRAMA DE FLUJO PARA ASFALTO MODIFICADO CONVENCIONAL .....	85
ILUSTRACIÓN 42. DIAGRAMA DE FLUJO PARA ASFALTO MODIFICADO QUÍMICAMENTE.....	86

## TABLA DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. COSTO POR KILOMETRO .....	98
ECUACIÓN 2. RENDIMIENTO KILOMÉTRICO .....	99
ECUACIÓN 3. ÍNDICE DE REENCAUCHE.....	99
ECUACIÓN 4. PORCENTAJE DE REENCAUCHE .....	100

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. NORMATIVIDAD APLICABLE .....	47
TABLA 2. CLASES DE INVESTIGACIÓN.....	48
TABLA 3. PRESIÓN DE INFLADO DE LLANTAS SEGÚN CARGA SOPORTADA .....	70
TABLA 4. PARÁMETROS PARA EJECUCIÓN DE SERVICIOS TÉCNICOS .....	71

TABLA 5. MODULO SOFTWARE ADMINISTRACIÓN DE LLANTAS.....	94
TABLA 6. INSTALACIÓN Y ÁREAS DE TRABAJO.....	95
TABLA 7. EQUIPO Y HERRAMIENTA .....	97
TABLA 8. PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....	104
TABLA 9. RETORNO INVERSIÓN .....	105
TABLA 10. CAPACITACIONES PERSONAL TÉCNICO .....	107

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado está dedicado a mis padres Martha y Efrén, mi esposa Diana e hijo Juan Manuel, ya que sin su apoyo y confianza no habría sido posible alcanzar una nueva meta en mi vida profesional.

Además se lo dedico a Dios por don de la vida y por permitirme finalizar con gran satisfacción mi primera especialización.

A mis compañeros de estudio, que compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas, además del éxito, que nos apoyaron y que nunca esperaron nada a cambio por su amistad.

**Alexander Efrén Contreras Acero**

A mi esposa Carolina, por su gran amor y su apoyo incondicional en todo momento, por su gran motivación para el logro de nuestros propósitos.

A mi hija Camila, fuente de motivación que mueve mi corazón.

A mis padres por todas sus enseñanzas, por su perseverancia y ejemplo. Por formar de mí un hombre de bien, con grandes principios y valores que me permiten estar orgulloso de quien soy.

**Edgar Rolando Navarrete Murcia**



## **AGRADECIMIENTOS**

Resaltar el agradecimiento a las personas que nos apoyaron y confiaron en nosotros, durante este ciclo de vida, en especial, a nuestros padres por su ayuda fraternal e incondicional, a nuestras esposas e hijos y a los familiares que nos impulsaron para mejorar cada día.

A nuestro tutor el Ing. Miguel Angel Urian Tinoco, Especialista en Gerencia de mantenimiento. Y de Igual forma a todo el cuerpo de docentes y administrativo de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales “ECCI”.

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

**Bogotá D.C, Septiembre de 2015.**

## INTRODUCCIÓN

La finalidad de este trabajo, es entregar al usuario de la guía, los elementos necesarios para realizar el mantenimiento y seguimiento adecuado al desempeño del proceso de administración de llantas de una flota de transporte urbano de pasajeros.

Debido al trabajo que estos vehículos desarrollan y las condiciones de la infraestructura vial del país y en algunos casos por la falta de conocimiento de los conductores, las llantas presentan índices de desgaste y daños muy altos.

Las compañías y los propietarios de los autobuses se ven la necesidad de evaluar métodos para optimizar los costos y aumentar el desempeño de las llantas, creando incentivos y desarrollando un plan de capacitación.

Actualmente la mayoría de las compañías pequeñas y medianas, no tiene un control de las llantas, tampoco cuenta con un plan de capacitación, solamente cuenta con un proveedor que suministra llantas y no presta el servicio de mantenimiento a las mismas.

Nosotros observamos durante el estudio de nuestro proyecto que el sistema de reencauche es una alternativa utilizada en el servicio público de transportes y pasajeros, y este que reduce los costos de inversión de llanta nueva hasta en un 50 % de los costos, inclusive que pueden llegar a brindar un desempeño superior en kilometraje a una llanta nueva, lo anterior se logra realizando actividades de mantenimiento y seguimiento a los factores que influyen directamente al rendimiento de cada una de las llantas.

Adicionalmente consideramos que un aporte importante y que por ley debe contribuir al medio ambiente, es la aplicación del sistema de reencauche, el cual contribuye a la reducción de desechos de llantas, aplicando la normatividad y regulación existentes.

## **1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.**

**Guía Técnica Para La Administración De Llantas En Autobuses De Transporte Urbano.**

## **2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

En Colombia el mercado de las llantas ha presentado cambios significativos en los últimos años, uno de los principales causales de dichos cambios es el notorio crecimiento del parque automotor, las ventas de los vehículos nuevos pasaron de 100.000 unidades en 2003 a 254.000 unidades en 2010. Entre octubre de 2010 y septiembre de 2011 se vendieron 322.380 unidades de vehículos nuevos. (PNUD, 2014) Este crecimiento en ventas de vehículos ha generado un aumento proporcional en el consumo de llantas nuevas, lo cual representa un incremento en el consumo de materias primas como el caucho natural y sintético, las fibras textiles, el acero y otros insumos químicos como el azufre y el negro de humo. Sumando a esto otros factores de consumo de recursos necesarios para realizar la producción de las llantas, como el consumo de agua y energía eléctrica. Si bien se sabe que la demanda del servicio de transporte genera este incremento, las fallas en la gestión administrativa y de mantenimiento de las llantas hacen que el consumo de este recurso sea aún mayor de lo que podría ser si se hicieran bien las cosas, pues factores importantes como un mantenimiento adecuado y la práctica del reencauchado de llantas son dejados a un lado por gran parte del mercado, generando así una gran cantidad de llantas en desecho de forma prematura y sin dar uso eficiente a este recurso, lo cual se convierte en una gran problemática ambiental.

“Como tema prioritario para dar solución a la problemática de llantas usadas, el reencauche debe convertirse en una de las principales salidas para lograr mitigar el impacto que genera su mal uso. Según Hernando Diez, presidente de la ANRE “en términos ecológicos el reencauche es un proceso 100 % ambiental que contribuye como agente para la conservación de energía y aporta a la reducción

de desechos en más de un 60%. En términos rentables el reencauche de llantas cuesta hasta 50% menos que comprar una nueva y el servicio tiene garantía”. En comparación con países como Brasil o Estados Unidos en donde el porcentaje del reencauche es del 120 y 220 % respectivamente, Colombia solo lo hace en un 23 %” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia, 2015)

Uno de los principales focos de contaminación ambiental en la actualidad es la generación de llantas usadas y la disposición final inadecuada de este recurso.

“Se estima para el año 2008 un consumo de 4.493.092 llantas discriminadas así: 1.067.072 llantas de camiones y busetas, y 3.426.020 llantas de automóviles y camionetas. Considerando un promedio de recambio de llantas de 18 meses y unos pesos promedio para carcasas usadas de 7 kg por llanta para auto; de 15 kg para camioneta y de 50 kg para camión, la generación de residuos de llantas de automóvil, camioneta, camión y buseta se estima en 61.000 toneladas al año”. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

Con base en este antecedente, y teniendo en cuenta el alto crecimiento del parque automotor en Colombia, las falencias en la disposición final de este residuo y el desconocimiento o falta de compromiso por parte de los usuarios de las llantas frente a la correcta gestión ambiental de los residuos, se concluye que el desecho de llantas fuera de servicio representa un gran impacto ambiental que afecta directamente la calidad del aire, y genera contaminación del suelo a través de la quema indiscriminada y el desecho inadecuado del residuo.

Uso ineficiente de las llantas para las flotas de transporte automotor, debido a la falta de políticas claras de administración y mantenimiento del recurso, y al desconocimiento de la forma correcta para plantear y ejecutar un plan de administración de llantas. Debido a fallas administrativas, la operación y el mantenimiento de las llantas en una flota de transporte puede generar sobrecostos para la gestión de administrativa de la flota. En la actualidad se evidencian problemas como la inmovilización de vehículos por mal estado de las llantas,

varadas de vehículos y bajos rendimientos kilométricos por deficiencias de mantenimiento. La existencia de uno o varios de los factores anteriormente mencionados conllevan a la generación de sobrecostos que pueden afectar el nivel de competitividad de una flota de transporte

Otro factor que puede afectar sustancialmente el desempeño del proceso de administración de llantas de una flota de transporte es la selección inadecuada de llantas y bandas de rodamiento para reencauche.

La falta de medición del desempeño del proceso de administración de llantas, pues en algunas empresas no se realiza ningún tipo de medición de desempeño, dejando a un lado la oportunidad de identificar costos, rendimientos, tendencias, causales de desecho prematuro de llantas, y estados puntuales del proceso administrativo.

## **2.1. Descripción Del Problema.**

Los principales aspectos a tener en cuenta para la definición de una guía para la administración de llantas en autobuses de transporte urbano son los costos de operación, los impactos ambientales, la definición del proceso administrativo y de mantenimiento de llantas, a continuación se realiza una breve descripción de estos aspectos.

Costos de operación: Después del combustible, las llantas son el segundo rubro en la operación de las flotas de transporte terrestre automotor, y un adecuado manejo de este recurso puede generar grandes beneficios económicos en el desempeño administrativo de una compañía transportadora. Al momento de realizar la selección y adquisición de llantas nuevas y bandas de reencauchado para una flota de transporte, la decisión no puede ser basada en el costo inicial, pues es a través del cálculo y análisis del indicador de costo por kilómetro que deben definirse las marcas y referencias de llantas a comprar, esto a pesar de que la inversión inicial represente un mayor desembolso de dinero en comparación con otras marcas de menor precio

Impactos ambientales: La generación de llantas usadas para desecho y el mal manejo que se da a este residuo en Colombia, sumado a las elevadas cifras de consumo de llantas nuevas debido a una mala gestión en el uso de este recurso y el bajo porcentaje de llantas reencauchadas se convierten en un delicado problema ambiental que amenaza seriamente el equilibrio ambiental. Con el fin de mitigar el impacto generado por el desecho de las llantas, se deben tener en cuenta las disposiciones legales Colombianas en referencia al tratamiento pos consumo de este elemento, y la implementación de técnicas de selección y mantenimiento de llantas que aporten al objetivo de preservar las estructuras o carcasas de las llantas con el fin de garantizar estas sean aptas para efectuar el proceso de reencauchado, mediante el cual se evita la compra de una llanta nueva y se reducen significativamente los consumos de recursos naturales.

Proceso administrativo y de mantenimiento de llantas: Una de las principales claves del éxito en un proceso de administración de llantas es la definición y aplicación de adecuadas técnicas de mantenimiento, describiendo con claridad los parámetros técnicos aplicables al proceso de mantenimiento y a la adquisición de los recursos a emplear para la ejecución del servicio. De igual forma, un proceso de administración de llantas requiere de una clara definición de los parámetros para el seguimiento y control de los resultados del proceso, para tal fin se deben establecer unos indicadores de administración de llantas que permitan evaluar la situación puntual del proceso en un determinado momento, y con esta información de entrada generar planes de trabajo en busca de la corrección de fallas identificadas y de la mejora continua del proceso.

## **2.2. Formulación Del Problema.**

¿Qué aspectos se deben tener en cuenta al definir de una guía para la administración de llantas en autobuses de transporte urbano?

## **2.3. Sistematización Del Problema.**

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados para el desarrollo de la guía técnica de administración de llantas en autobuses de transporte urbano, se

deben tener en cuenta temas relevantes como la investigación de datos del desempeño y la situación actual de la administración de llantas tanto en Colombia como a nivel internacional, para tal fin se deben realizar consultas de documentos e informes estadísticos emitidos por fuentes confiables como organismos gubernamentales, fabricantes y comercializadores de llantas y servicio de reencauchado, e informes de investigaciones previas realizadas por expertos técnicos o de fuentes académicas de nivel superior.

Es de gran importancia realizar una investigación sobre los aspectos e impactos ambientales asociados al proceso de administración de llantas, teniendo en cuenta la situación actual a nivel local y en el ámbito internacional, y las disposiciones legales aplicables al manejo de las llantas durante su periodo de uso y para su disposición final una vez las llantas se encuentran en desuso. De igual forma, se debe realizar una investigación sobre la legislación aplicable en referencia a los aspectos técnicos y de seguridad que deben cumplirse en el uso y mantenimiento de las llantas. Por último, se debe realizar un análisis sobre los casos de éxito registrados en materia de administración de llantas y las recomendaciones técnicas de fabricantes de llantas, proveedores de servicios de reencauchado, y expertos técnicos con amplia experiencia en análisis y coordinación de procesos de administración de llantas.



### **3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1. Objetivo General.**

Generar una guía técnica para la administración de llantas en autobuses de transporte urbano, teniendo en cuenta los aspectos técnicos y legales aplicables.

#### **3.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar los aspectos técnicos de ejecución de la administración de llantas a nivel nacional e internacional.
- Definir como se debe realizar la administración de llantas según parámetros técnicos establecidos por fabricantes y expertos en procesos de administración de llantas.
- Generar una propuesta para la mejora en los procesos de administración de llantas en autobuses de transporte urbano

## **4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN.**

### **4.1. Justificación.**

La administración de flotas de vehículos es una tarea importante para la gestión de empresas de transporte, pues de acuerdo al nivel de desempeño gerencial de flota se pueden obtener grandes resultados operacionales o por el contrario, un bajo desempeño en este aspecto. Una tarea importante en la gestión de flotas de vehículos es la administración de llantas, esto debido al alto costo operacional que representa la compra y mantenimiento de este recurso, sin embargo en muchos casos esta es una actividad relegada a un segundo plano en las flotas de transporte, asignando una baja cantidad de recursos a cargo de la administración de llantas. Esta situación puede generar altos costos operacionales en la administración de flota.

Uno de los principales rubros en flotas de transporte es el costo de llantas, el cual ocupa el 2do lugar después de combustibles. Los precios de combustibles, salarios y peajes dependen de las rutas y exigencias de la flota y son sustancialmente inelásticos. En el rubro de llantas, con un buen programa de asesoría y seguimiento es posible obtener reducciones sustanciales en este ítem (Revista Carga Pesada, 2011).

Los autores consideran de gran importancia la generación de una guía técnica que contenga información acerca de la normatividad legal aplicable al ciclo de uso y disposición final de las llantas usadas, y los recursos disponibles para la correcta disposición final de las llantas usadas en su calidad de residuo especial y potencialmente contaminante en caso de un mal procedimiento de desecho. Por el impacto que genera una disposición final de las llantas fuera de servicio, y la oportunidad de aprovechamiento de las materias primas de las llantas como insumos reutilizables para otros procesos productivos.

#### 4.2. Delimitación.

- **Límite Temporal:** El desarrollo de esta guía estará definido entre el periodo de junio a agosto del año 2015, tiempo que se estima suficiente para ejecutar las actividades de investigación y documentación de la guía.
- **Límites Espaciales:** La guía tiene como límite espacial el territorio de Colombia, ya que puede ser aplicada en cualquier flota de transporte terrestre automotor ubicada en el territorio de nacional, esto teniendo en cuenta que se tiene acceso a la información técnica de estados y características de las vías que componen las mallas viales de las zonas urbanas del territorio Colombiano.
- **Limite Poblacional:** Se define que la guía no tiene límite poblacional, el alcance de aplicación del contenido de la guía se encuentra definido por la cantidad de llantas que se usen en la flota de transporte a la cual se apliquen las técnicas de administración de llantas.

#### 4.3. Limitaciones.

Las limitaciones identificadas para el desarrollo de la guía técnica para la administración de llantas en autobuses de transporte urbano son las siguientes:

- **Tiempo:** Pues se dispone de tres meses para realizar la investigación y generación de la guía técnica para la administración de llantas en autobuses de transporte urbano
- **Económicas:** Debido a la falta de una entidad o persona natural que financie la investigación y desarrollo de la guía, de tal forma que únicamente se cuanta con los recursos que aportan los autores para la generación de la guía
- **Información:** Debido a la confidencialidad o reserva de información técnica y administrativa que tienen como política algunos fabricantes de llantas,

prestadores de servicio de reencauche, y directivos de mantenimiento encargados de la administración de llantas en flotas de transporte

## **5. MARCO CONCEPTUAL.**

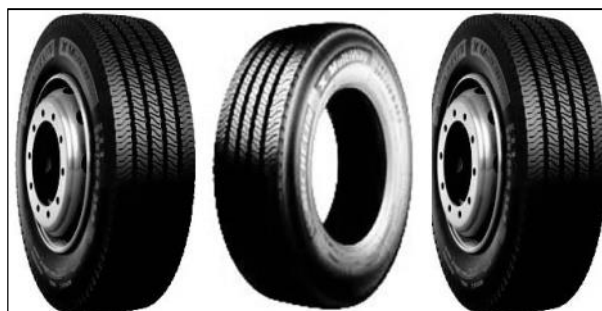
### **5.1 Marco Teórico.**

#### **Términos Generales**

**Administración de Llantas:** Es un programa diseñado y estructurado que permite gestionar de manera óptima y eficiente el recurso (llantas), tales como rotaciones, movimientos, posiciones, intercambio, asignación, muestreo, estado y costos.

**Llanta o Neumático:** Solido toroidal de alta precisión geométrica, capaz de contener aire en su interior, compuesta principalmente por material textil, acero, caucho natural y derivados de petróleo. Estas posibilitan el arranque, frenado y la guía de los vehículos.

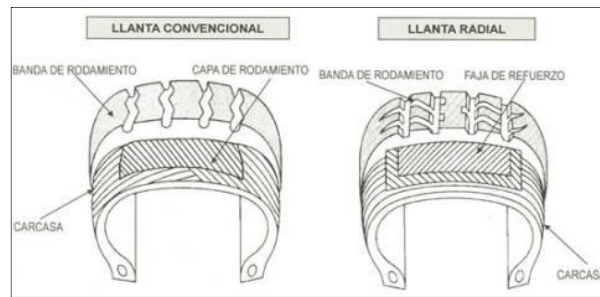
**Ilustración 1. Llanta o Neumático**



Fuente: [revistacargapesada.com/](http://revistacargapesada.com/)

**Tipos de Llantas:** En el mercado mundial existen varios tipos de llantas o neumáticos, en lo que podemos encontrar los radiales y convencionales.

## Ilustración 2. Tipos de Llanta



Fuente: [friccion-fisicareal.blogspot.com](http://friccion-fisicareal.blogspot.com)

**Llantas Radiales:** La carcasa de la llanta está compuesta por una única carcasa radial de cables de acero. Este método de construcción reduce las deformaciones de la superficie de contacto con el suelo y de las fricciones, debido al roce y por consiguiente calentamiento de la llanta.

**Llantas Convencionales:** Opuesta a esta tecnología, la llanta convencional tiene la carcasa compuesta por varias lonas cruzadas entre sí o dicho de otra manera consiste en colocar de manera diagonal las capas del material que estarán formando una construcción en mono-bloque. Las consecuencias son mayor fricción con el suelo, que provoca más calentamiento – y reduce la vida útil de la carcasa - y la necesidad de trabajo intenso de los materiales de todas las partes de la llanta. (Michelin, 2014).

**Partes de las Llantas:** A continuación enunciaremos las partes más representativas de las llantas o neumáticos.

**Banda de rodamiento:** Esta parte, generalmente de hule (caucho), que proporciona la interface entre la estructura de la llanta y el camino. Su propósito principal es proporcionar tracción y frenado.

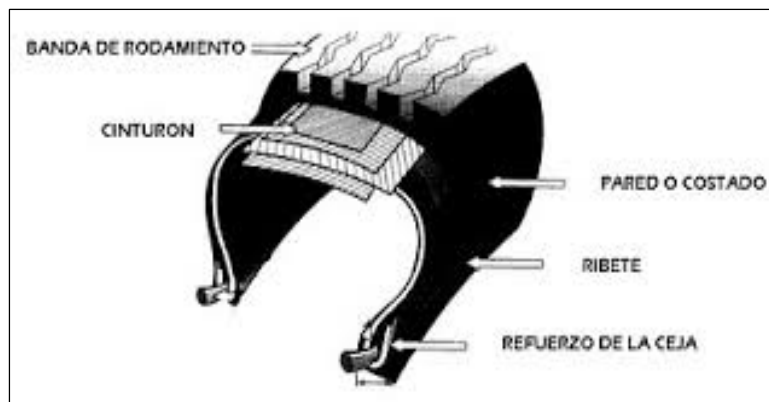
**Cinturón (Estabilizador):** Las capas del cinturón (estabilizador), especialmente de acero, proporcionan resistencia a al neumático, estabiliza la banda de rodamiento y protege a ésta de picaduras.

**Capa radial:** La capa radial, junto con los cinturones, contienen la presión de aire. Dicha capa transmite todas las fuerzas originadas por la carga, el frenado, el cambio de dirección entre la rueda y la banda de rodamiento.

**Costado (Pared):** El hule del costado (pared) está especialmente compuesto para resistir la flexión y la intemperie proporcionando al mismo tiempo protección a la capa radial.

**Sellante:** Una o dos capas de hule especial (en neumáticos sin cámara) preparado para resistir la difusión del aire. El sellante en estos neumáticos reemplaza la función de las cámaras.

Ilustración 3. Partes de la Llanta

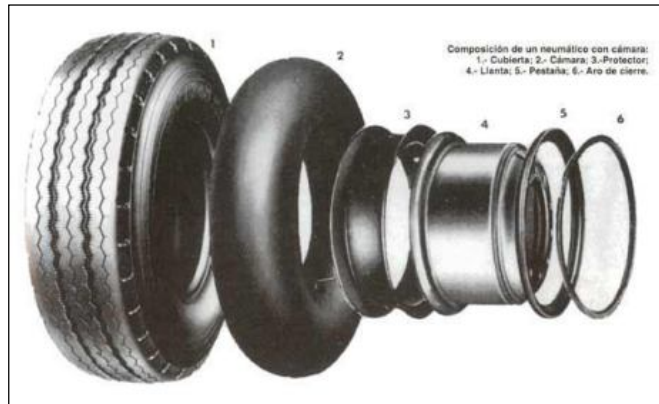


Fuente: [rcompetenciasruedas.blogspot.com](http://rcompetenciasruedas.blogspot.com)

**Tipos de ensamble de las llantas:** Las llantas o neumáticos pueden ensamblarse de dos formas, ya sean de tipo sellomatic o por cámara.

**Por Cámara o Neumático:** Este tipo de llantas, son los que un tipo de cámara sellada, mejor conocida como manguera y que esta especificada para ello, aunque suelen usarse en tipos de maquinaria agrícola, también puede ser aplicado a otros tipo de vehículos livianos y/o pesados en su gran mayoría.

**Ilustración 4. Llanta tipo por Cámara o Neumático**



Fuente: [circuitosdefluidosuspensionydireccion.com](http://circuitosdefluidosuspensionydireccion.com)

**Sellomatic:** Este tipo de neumático no utilizan cámara, para evitar que se pierda el aire que está en su interior, este tiene en su interior una parte llamada talón que tiene unos aros de acero en su interior que evita que salga de la llanta. Suele usarse en la mayoría de los vehículos.

### **Uso dependiendo su diseño**

Existen varios tipos de neumáticos y que aplican para cada área de trabajo o uso, de igual manera, en el caso de neumáticos para camiones, estos presentan diseños de acuerdo a la posición que ocuparan en el vehículo. A continuación se describen de manera general las características de las llantas o neumáticos.

**Neumáticos para toda temporada (ALL SEASON):** Están diseñados para ser operados tanto en condiciones lluviosas así como de nevadas. Proporcionan una buena manejabilidad y ofrecen los beneficios de los neumáticos para autopistas.

**Neumáticos de Alto desempeño:** Ofrecen un alto grado de manejabilidad, garre y desempeño, además de soportar altas temperaturas y altas velocidades.

**Neumáticos para Autopistas:** También llamados “Neumáticos para verano”, están diseñadas para proporcionar la tracción adecuada al vehículo en caminos tanto lluviosos como secos.

**Neumáticos toda Temporada / Alto Desempeño:** Ofrecen todas las características de los neumáticos anteriores tanto en caminos secos y lluviosos.

## **Aplicaciones**

Llantas para automóviles de pasajeros

Llantas para camiones de carga tipo ligero.

Llantas para camiones de carga pesada o autobuses.

Llantas para vehículos de tipo todo terreno.

Llantas de aplicaciones especiales (industrial, agrícola, minería)

## **Nomenclatura**

A pesar de su aspecto misterioso, las letras y símbolos que aparecen moldeados en el costado del neumático proporcionan información muy útil que usted deberá conocer.

Estos códigos proporcionan información del tamaño y dimensión del neumático como es el ancho de sección, relación de aspecto, tipo de construcción, diámetro del rin, presión máxima de inflado, avisos importantes de seguridad e información adicional.

El siguiente ejemplo muestra el costado y como se deben interpretar los datos que contiene una llanta para automóvil:



Ilustración 5. Nomenclatura de las Llantas



Fuente: [www.valanllantas.com](http://www.valanllantas.com)

**Rin o Rueda Metálica:** Pieza metálica en la que normalmente se sienta o monta el neumático.

**Autobús:** Vehículo diseñado para transportar a varias personas mediante vías urbanas. Generalmente es usado en los servicios de transporte público urbano e intermunicipal. Su capacidad puede variar dependiendo del sistema en que se aplique, más o menos entre 75 a 175 pasajeros.

En el sistema Transmilenio de Bogotá son usados autobuses articulados y biarticulados en las troncales principales e híbridos para los sistemas complementarios.

**Autobús Articulado:** Es un autobús de dos secciones tipo módulos, está dotado con dos ejes en la sección delantera y un tercer eje en la sección trasera (remolque). El autobús articulado de dos secciones suele poseer una longitud de aproximadamente 18 metros, en comparación con los 10 a 12 metros de un autobús normal de una unidad.

La capacidad varía de acuerdo al modelo de bus elegido, siendo por lo general entre 80 a 160 pasajeros, dependiendo del modelo de carrocería, la capacidad del

chasis portante, la cantidad de asientos incluidos en el diseño de la carrocería y la extensión del autobús.

**Autobús biarticulado:** Es un vehículo que tiene mayor capacidad que un articulado convencional, ya que cuenta con una extensión de más. Esto también implica la adición de un eje adicional y una segunda junta de articulación. Debido a la longitud extendida tienden a ser utilizados en las rutas principales de alta frecuencia.

Son autobuses que tienen más de dos secciones y mucha más capacidad que un articulado convencional, ya que cuentan con una extensión de más, esto implica además la adición de un eje y una segunda junta de articulación, que permiten el movimiento entre estos. Su longitud puede llegar hasta los 28 metros de largo y una capacidad para 250 pasajeros.

**Autobús híbrido:** Es que un tipo de autobús que combina la tecnología de los motores de combustión interna (gasolina, Diesels, gas) con la tecnología de los motores eléctricos.

**Vía:** Es el espacio común por donde transitan los vehículos, estas pueden dividirse en rurales, urbanas e interurbanas.

**Calle:** Puede definirse como el espacio urbano que permite la circulación de vehículos o personas.

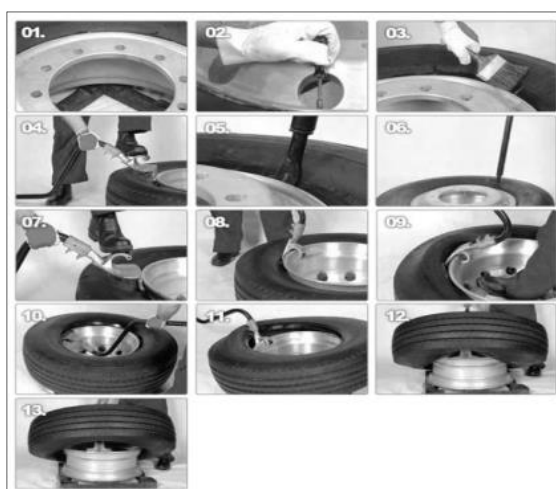
## **Mantenimientos Específicos**

**Montaje:** No seguir los procedimientos para un montaje apropiado de la llanta puede tener como resultado la destrucción repentina de la llanta, y hasta accidentes vehiculares que pueden ocasionar inclusive pérdidas humanas. El cambio de llantas aunque aparenta ser una actividad de rutina puede ser peligroso y por ello debe ser efectuado por personal entrenado, así como utilizando las herramientas y los procedimientos adecuados.

**Desmontaje:** Al igual que en el montaje, no seguir el procedimiento adecuado para realizar el desmontaje de las llantas podría causar daños en la llanta, un correcto proceso de desmontaje permite el ajuste preciso entre la llanta y el neumático, o la rueda y rin dependiendo de su tipo de ensamble.

Se pueden evitar daños en los talones y relacionados con el desgaste de la banda de rodamiento, provenientes de una mala instalación de la llanta.

**Ilustración 6. Desmonte de Llanta**



Fuente: [www.michelin.com.br](http://www.michelin.com.br)

**Alineación:** Es un servicio indispensable para mantener la estabilidad y durabilidad del neumático. Debe hacerse aproximadamente cada 10,000 km. Una mala alineación suele ser la mayor causa de desgastes irregulares, sobre todo si el neumático presenta ángulos de convergencia y divergencia, según el caso.

Si la dirección tiende a irse de un lado a otro o el volante tiene demasiado “juego” y no regresa a su posición original después de un giro, con seguridad los neumáticos delanteros están desalineados.

#### Ilustración 7. Alineación



Fuente: [tellantas.com/](http://tellantas.com/)

**Balanceo:** Las llantas fuera de balanceo pueden perder miles de kilómetros de vida útil. Para lograr el mejor desempeño de una llanta es necesario que el peso del conjunto llanta-rin esté distribuido uniformemente. Una parte pesada en la llanta y el ensamble (conjunto llanta-rin) deberá ser balanceada con precisión.

Este es un procedimiento por medio del cual se ajustan los pesos de la llanta y del in para mantener un equilibrio correcto entre ambos.

Existen dos tipos de balanceo.

El primero es el estático, en el cual se colocan pequeños pesos en el rin para contrarrestar este desequilibrio, el otro tipo es el dinámico que toma en cuenta la distribución del peso que debe añadirse a la rueda para lograr estabilidad. Si las ruedas no están balanceadas sufrirán desgaste prematuro, además de producir vibraciones e incomodidad al conducir.

**Ilustración 8. Balanceo**



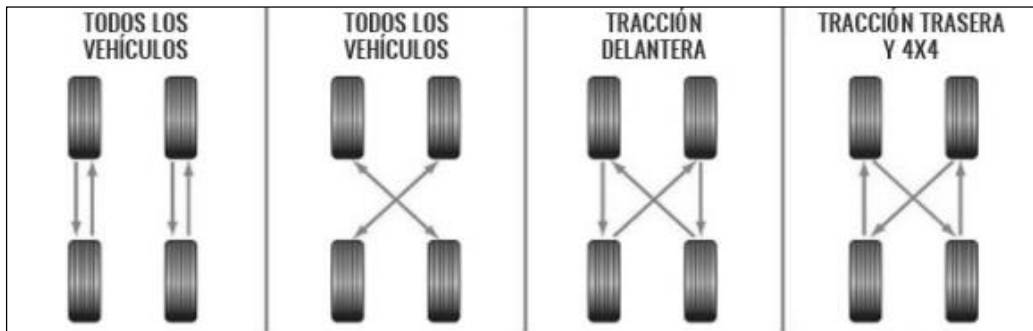
Fuente: [geosthompson.com.mx/](http://geosthompson.com.mx/)

**Rotación de llantas:** Pasar los neumáticos del eje de tracción a los ejes no tractivos contribuye a aumentar su durabilidad y alargar su vida hasta en un 20%, siempre y cuando todos los neumáticos sean del mismo tipo.

Se recomienda hacerlo entre los 5 mil y 10 mil kilómetros. La técnica básica de rotación es un simple patrón “X” para automóviles y camionetas.

En vehículos de tracción delantera por ejemplo, la llanta trasera izquierda va al lugar de la delantera derecha y la llanta trasera derecha a la delantera izquierda, Las llantas delanteras se mueven directamente a la parte trasera. Lo contrario se aplica para vehículos de tracción trasera No olvidemos nunca que la rotación deberá hacerse entre llantas del mismo tipo.

Ilustración 9. Rotación de Llantas



Fuente: [www.virtualllantas.com](http://www.virtualllantas.com)

**Calibración:** Mantener la presión recomendada de las llantas es garantía de un mejor rendimiento y durabilidad de las llantas de cualquier tipo de vehículo, además de ser esencial para su seguridad. Una presión por debajo de la recomendada reduce la durabilidad de la llanta (en por lo menos 8.000 km), aumenta el consumo de combustible y favorece el riesgo de explosión y accidentes en la carretera.

Ilustración 10. Calibración de Llantas



Fuente: [virtualllantas.com](http://virtualllantas.com)

**Reencauche:** Es un proceso que se realiza “en frío”, limpio y rápido mediante el cual se reconstruye la llanta, esta recibe una nueva banda adaptada a sus condiciones de utilización, el diseño se puede hacer de diferentes formas sin tener en cuenta el diseño original de la llanta. El proceso de reencauche representa un ahorro para las empresas, protección para el medio ambiente, garantía de rendimiento a un bajo costo kilométrico dependiendo de la banda que se utilice.

**Ilustración 11. Proceso de Reencauche**



Fuente: [conti-online.com](http://conti-online.com)

**Regrabado:** Consiste en montar la llanta desgastada en una máquina eléctrica específica para este fin donde una cuchilla expuesta a una alta temperatura generada con electricidad corta los surcos originales para darles una mayor profundidad.

**Ilustración 12. Regrabado de Llantas**



Fuente: [youtube.com/watch?v=PSi-E0Qm3aI](https://youtube.com/watch?v=PSi-E0Qm3aI)

**Inspección:** Esta se debe realizar utilizando conceptos de mantenimiento autónomo, es decir que se debe verificar el estado físico de sus llantas y conocer su estado general, cualquier irregularidad en la llanta deberá ser reportado al coordinador de mantenimiento.

**Ilustración 13. Inspección de Llantas**



Fuente: [transportelatino.net/](http://transportelatino.net/)

**Reparación de Llantas:** Cuando hay que reparar un neumático es fundamental acudir a un especialista para que desmonte el neumático de la rueda e inspeccione el interior. Es absolutamente necesario porque los daños internos no se ven cuando el neumático está montado en la llanta.

**Ilustración 14. Reparación de Llanta**



Fuente: [michelin.es/](http://michelin.es/)

### **Fabricación de llantas.**

Podemos mencionar que la fabricación de llantas en Colombia ha tenido grandes avances, entre los cuales podemos nombrar a Goodyear, esta empresa simplifico el proceso de fabricación de llantas y su refinación de manera exponencial y por



esa razón se han encontrado mucha veces como una de la empresas líderes en tecnología de punta.

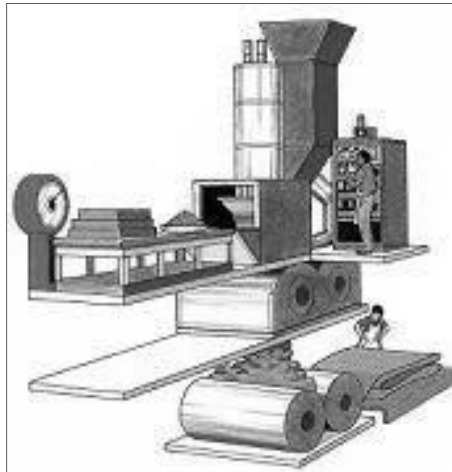
A continuación enunciamos los pasos básicos que realiza Goodyear en la fabricación de llantas.

- Banbury
- Extrusora
- Construcción de talón
- Máquina de construcción de llanta
- Prensa de curación
- Inspección Visual
- Rayos X

**Banbury:** La manufactura de una llanta Radial comienza con una gran cantidad de materia prima como: pigmentos, químicos, 30 tipos diferentes de caucho, cuerdas de tela, alambres, etc.

El proceso comienza con la mezcla de caucho básico con aceites de proceso, negro de humo, pigmentos, antioxidantes, aceleradores y otros aditivos, cada uno le da ciertas propiedades al compuesto. Estos ingredientes son unidos en una mezcladora gigante llamada Banbury operando bajo un intenso calor y presión. Ellas mezclan todos los ingredientes en un solo compuesto caliente, negro y pegajoso que será molido una y otra vez. (Goodyear, 2015)

**Ilustración 15. Bambury**

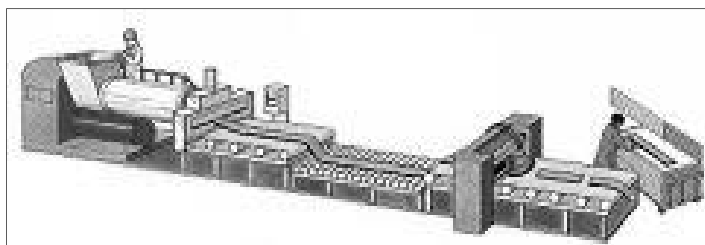


Fuente: [goodyear.com.co](http://goodyear.com.co)

**Extrusora:** El caucho frío toma diferentes formas, muy a menudo es procesado cuidadosamente dentro de bandas que lo transportaran a molinos de interrupción. Estos molinos alimentan al hule dentro de pares de rollos masivos, una y otra vez, alimentando, revolviendo y mezclando para preparar diferentes compuestos para los molinos de alimentación, donde son cortados en tiras y después llevados por bandas transportadoras para hacer costados, bandas de rodamiento u otras partes de la llanta.

Todavía queda otra clase de caucho que cubre la tela que será usada para hacer el cuerpo de la llanta. La tela viene en enormes rollos, y es tan especial y critico como la mezcla de caucho. Muchas clases de tela son usadas como el poliéster y el rayón. La mayoría de las llantas para pasajero tienen cuerdas de poliéster. (Goodyear, 2015)

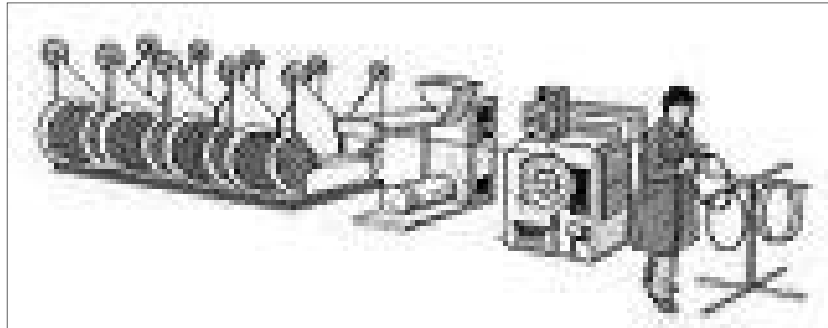
**Ilustración 16. Extrusora.**



Fuente: [goodyear.com.co/](http://goodyear.com.co/)

**Construcción Del Talón:** Otro componente, con forma de aro, es llamado talón. Contiene cable de acero con alta tensión formando el esqueleto, el cual se ajustará al rin del vehículo. Los hilos se alinean a una cinta cubierta con caucho para pegarlo, luego se cortan en vueltas que después son unidas para asegurarlos hasta que sean ensamblados con el resto de la llanta. Las llantas radiales son construidas en una o dos máquinas. La llanta comienza con una doble capa de goma sintética llamada camada interna que sellará con el aire y permitirá que la llanta no tenga cámara. (Goodyear, 2015)

**Ilustración 17. Construcción del Talón**



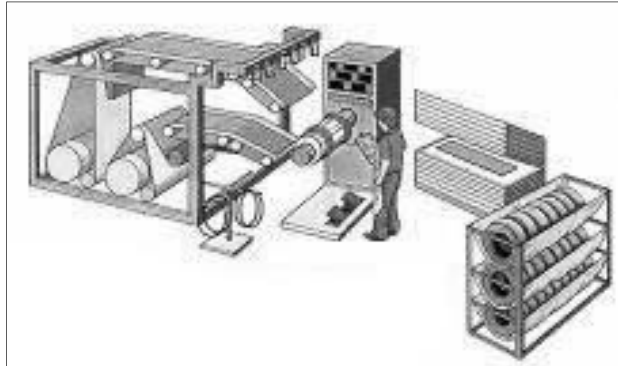
Fuente: [goodyear.com.co](http://goodyear.com.co)

**Máquina De Construcción De La Llanta:** A continuación vienen dos capas de tela, las cuerdas. Dos tiras llamadas ‘apex’ solidifican el área justo arriba del talón. Después un par de tiras ‘chafer’ son añadidas, llamadas así porque resisten al rose de la llanta con el rin cuando es montado al vehículo. Las máquinas de construcción pre-forman a las llantas radiales, en una forma muy cercana a su dimensión final para asegurarse de que todos los componentes estén en una posición adecuada antes de que la llanta pase al molde.

Ahora la constructora de la llanta agrega los cinturones de acero que resisten pinchaduras y sostienen fuertemente a la banda de rodamiento contra el piso. La banda de rodamiento es la última parte de la llanta. Después de que rodillos automáticos presionan todas las partes firmemente, la llanta radial

ahora es llamada llanta verde y está lista para inspección y vulcanización.  
(Goodyear, 2015)

**Ilustración 18. Construcción de la Llanta**

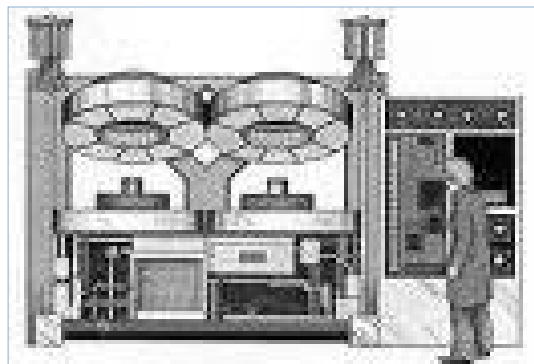


Fuente: [goodyear.com.co](http://goodyear.com.co)

**Prensa De Curación:** La máquina de vulcanizado es donde la llanta adquiere su forma final y tipo de pisada. Moldes calientes como una waflera gigante le dan forma y vulcanizan la llanta. Los moldes están grabados con el modelo de pisada, las marcas del costado del fabricante y aquellas requeridas por la ley.

Las llantas son vulcanizadas a más de 300 grados durante 12 o 25 minutos, dependiendo de su tamaño. Al momento en el que la prensa se abre, las llantas son sacadas de sus moldes y llevadas por transportadores para ser terminadas e inspeccionadas. (Goodyear, 2015)

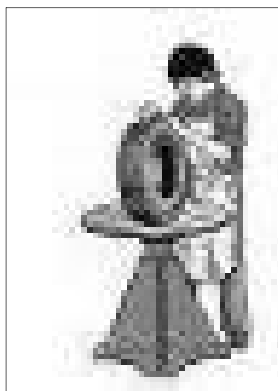
**Ilustración 19. Prensa de Curación**



Fuente: [goodyear.com.co](http://goodyear.com.co)

**Inspección Visual:** Si algo está mal con una llanta, aunque algo parezca estar mal, hasta la más mínima imperfección esta es rechazada. Algunos defectos son percibidos por inspectores visuales y manuales entrenados, algunos otros son encontrados mediante máquinas especializadas. (Goodyear, 2015)

**Ilustración 20. Inspección Visual**

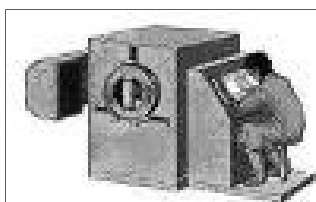


Fuente: [goodyear.com.co](http://goodyear.com.co)

**Rayos X:** La inspección no solamente se hace de manera superficial, algunas llantas son llevadas de producción a máquinas de rayos X para detectar puntos débiles o fallas internas. Además, ingenieros de control de calidad eligen de manera aleatoria llantas, las cortan y estudian cada detalle de su construcción que pueda afectar su funcionamiento, o seguridad al manejo. Esto es como cada una de las partes se unen: la banda de rodamiento y el costado, son soportados por el armazón y detenidos a la rueda.

A pesar de los detalles, las bases son fundamentalmente las mismas. Acero, tela, caucho y mucho trabajo y cuidado, diseño e ingeniería. (Goodyear, 2015)

**Ilustración 21. Rayos X**



Fuente: [goodyear.com.co /](http://goodyear.com.co/)

## 5.2. Estado Del Arte

Una correcta administración de llantas se compone de varios factores fundamentales, que deben ser manejados con un alto nivel de detalle y análisis técnico, esto con el fin de tomar las decisiones adecuadas según las condiciones de operación y las necesidades puntuales de cada flota de transporte, a continuación se enuncian los cinco factores fundamentales para la administración de llantas.

- Adquisición de llantas nuevas
- Diseño y ejecución de plan de mantenimiento
- Reencauche de llantas
- Disposición final de llantas usadas
- Medición de desempeño del proceso

### 5.2.1. Estado Del Arte Local

A nivel de la Universidad ECCI podemos encontrar varios trabajos de grado los cuales hacen referencia al tema de mantenimiento de llantas en flotas de transporte, a continuación enunciaremos algunos de ellos, los cuales aportan información de carácter significativo en el desarrollo de nuestra guía.

- Monografía: **Diseño programa de Mantenimiento preventivo para los buses articulados Volvo con tecnología Euro IV para el Portal de Usme.** El autor busca establecer kilometrajes para rutinas de mantenimiento, evaluar la criticidad de los componentes de alta rotación en el stock de repuestos y proponer un stock de repuestos adecuados autor: Oscar David Jaramillo Álzate.
- Monografía: **Reestructuración del plan de mantenimiento para la flota de vehículos Mercedes Benz existente en la empresa SI99 S.A.** año 2010, autores John Edison Hernández Castro y René Alejandro Manrique. Sus

autores buscaban restaurar y mejorar un plan de mantenimiento ya existente levantando información, analizan, validan y generan un concepto de mejoramiento pero no hacen mucho énfasis en las llantas, dicen que para esta operación se instalan cauchos originales

- Monografía: **Llantas de uso urbano y carretera.** año 1990; autores Jorge Ricardo Revelo, Héctor Julio Machado y Jaime Eduardo Herrera, los autores querían determinar el uso de las llantas en diferentes tipos de carreteras, especificaciones técnicas, dimensiones, utilización de los diferentes tipos de llantas y reencauches dependiendo el tipo de vehículo.
- Monografía: **Propuesta de aplicativo para la gestión del mantenimiento de tracto camiones de la empresa Entre Flores Ltda.** Año 2010, autores Blake Turner, Oscar López. Aquí los autores buscaban diagnosticar procesos y compararlos con un modelo de mantenimiento preventivo basado en la aplicación de indicadores de clase mundial, diseñaron un software para el manejo de la información generando estrategias para aumentar la disponibilidad.
- Monografía: **Plan de mantenimiento preventivo para la flota de vehículos de la empresa Tractocarga.** Año 2010; autores Leida Milena López y Fidel Alexander Ballesteros. En este proyecto los autores evaluaron el estado actual de la flota de la compañía, donde identificaron problemas, especificaron políticas y metodologías del departamento de mantenimiento.
- Monografía: **Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa Suramericana de Transportes;** Autor Armando Alfredo Hernández; Año 2010; En el desarrollo de su estudio propone un plan de mantenimiento preventivo a una flota de camiones de una empresa, desde clasificar cada uno de los vehículos, componentes, diagnósticos, con el fin de calcular la frecuencia de los mantenimientos a ejecutar.

El documento se encuentra disponible para consulta en la en la oficina de postgrados de la Universidad ECCI, sede Bogotá D.C.

### **5.2.2. Estado Del Arte Nacional**

Debido a que la información que se encuentra disponible a nivel nacional es escasa, definimos el enfoque de nuestra investigación hacia las fuentes expertas en el tema y el manejo de este tipo de mantenimiento, empresas que se distinguen y especializan por el suministro, reencauche y mantenimiento de llantas a nivel nacional.

En un gran número de flotas de transporte de Colombia se realiza la adquisición de llantas nuevas empleando como factor determinante para la compra el precio de adquisición. Esta es una práctica muy popular que le ha dado apertura al mercado para facilitar la entrada al país de nuevas marcas de llantas de múltiples procedencias y de muy bajo precio, sin embargo, es un hecho que la calidad de las llantas por lo general es directamente proporcional a su precio, y que cuando se adquieren llantas de bajo precio se debe asumir la condición de obtener un bajo nivel de desempeño de la mismas. Esta tendencia ha generado un alto nivel de consumo de llantas, debido a los bajos rendimientos kilométricos e índices de reencauche registrados por este segmento de diferentes marcas.

Una de las principales características que se debe tener en cuenta a la hora de decidir la compra de llantas nuevas, es el cumplimiento de los parámetros técnicos requeridos para la operación, como son; la dimensión, capacidad de carga, índice de velocidad, y tipo de servicio de la banda de rodamiento. Criterios esenciales que deben cumplirse para garantizar una operación segura en un vehículo. Sin embargo, en el mercado Colombiano no se cumple con estos requerimientos mínimos de seguridad, pues se han observado prácticas irregulares muy comunes como el cambio de dimensiones con el objetivo de ganar altura vehicular y capacidad de carga, sometiendo a los vehículos a operación en condiciones de



sobrecarga. De igual forma, se han observado prácticas de mala aplicación en algunas flotas de transporte en las que se emplean llantas de servicio regional para operación de nivel urbano, obteniendo bajos rendimientos kilométricos y sometiendo a las llantas a condiciones de fricción en costados y altas temperaturas para las cuales no se encuentran acondicionadas.

En la actualidad, en Colombia se realiza mantenimiento de llantas con base en el estado en que estas se encuentran, por lo general las empresas con flotas de transporte no cuentan con un plan de mantenimiento específico para las llantas, y las intervenciones de mantenimiento se limitan a tareas correctivas que se ejecutan con el fin de dar una solución puntual a un problema evidenciado en uno o varios de los componentes principales de las llantas, estos pueden ser:

- Banda de rodamiento: Por desgastes irregulares debido a problemas de falta de rotación, alta o baja presión de inflado, baja, fallas de componentes del sistema de suspensión, sistema de dirección, o ejes.
- Costados de la llanta: Por desgaste excesivo debido a fricción con andenes y separadores en la vía de operación, daños focales por atrapamiento de piedras entre duales y cortes con objetos en la vía de operación o componentes del vehículo.
- Talón o pestaña: Por daño debido a recalentamiento e incrustación de rin, o daño por fractura de material debido a fallas en el procedimiento de montaje o desmontaje, con o sin desprendimiento de material.

La ausencia de planes de mantenimiento de llantas con enfoque preventivo es algo muy común en las flotas de transporte de Colombia, por lo general los mantenimientos se limitan a realizar montajes y desmontajes de llantas cada vez que estas presentan alguna novedad técnica o cuando llegan a su límite de uso, dejando a un lado servicios técnicos esenciales como la calibración de llantas, rotación, balanceo, reparación técnica, e inclusive la alineación de los ejes. Esta condición conlleva a desgastes irregulares de las bandas de rodamiento, bajos rendimientos, y un alto costo kilométrico de las llantas

La práctica del reencauche de las llantas es un factor clave en un proceso de administración de llantas, esta actividad tiene aplicación en flotas de transporte de composición de llantas de camión liviano y pesado, y trae grandes beneficios para la administración de llantas

Los beneficios de la actividad de reencauche y el empleo de llantas reencauchadas son:

- Kilometraje similar a las llantas nuevas.
- Menor costo por kilómetro recorrido.
- La llanta reencauchada cuesta entre 30 y 50% menos que la llanta nueva.
- El reencauche se puede hacer en diferentes diseños y labrados sin tener en cuenta el diseño de la llanta original.
- Favorabilidad con el ambiente al disminuir los residuos líquidos y sólidos en la fabricación de llantas.
- Ahorro de cerca del 70% del petróleo consumido en la fabricación de llantas nuevas.

A pesar de todas las ventajas que representa el reencauche de las llantas, esta no es una práctica estandarizada en todas las flotas de transporte terrestre en Colombia, y no se realiza por 2 condiciones particulares asociadas a la administración de llantas.

Por un lado se encuentra la adquisición de llantas de bajo nivel de calidad, condición que reduce sustancialmente el índice de reencauche de las llantas de las flotas de transporte.

El otro causal es la deficiencia en el servicio de mantenimiento de las llantas, generando daños y desgastes prematuros de los componentes de las llantas, reduciendo así la posibilidad de ejecución de los servicios de reencauchado en las carcasas de las llantas.

Otra condición particular del mercado del transporte en Colombia, es la práctica de reencauche mediante empresas con procesos y productos sub-estándar, los

cuales no cumplen con lo dispuesto por la normatividad legal que regula el servicio de reencauche de llantas en el territorio Colombiano (Decreto 0481 de marzo de 2009, y la Norma técnica NTC 5384 “Llantas reencauchada”). Esta situación genera problemas de seguridad en la operación de los vehículos que cuentan con llantas reencauchadas mediante procesos no certificados, y encuentra su sustento con base en los bajos precios a los que se comercializa el servicio por parte del sector del reencauche informal en Colombia.

La disposición final de las llantas usadas es un tema crítico en Colombia, pues son muy altos los niveles de contaminación generados en el territorio nacional a causa de las grandes deficiencias evidenciadas en la gestión de este tipo de residuo. Actualmente, son muy pocas las empresas que dan cumplimiento al programa pos-consumo de llantas usadas (Resolución 325 de mayo de 2012), la mayoría de los consumidores de llantas realizan la venta de este residuo a terceros que se encargan de comercializar este producto como insumo o combustible para hornos industriales que generan altos niveles de contaminación al incinerar las llantas sin tomar ningún tipo de medida preventiva para evitar la contaminación del aire. En otros casos, las llantas son arrojadas indiscriminadamente a los ríos, calles, y botaderos de basura a cielo abierto, generando contaminación del suelo y de los recursos hídricos.

Una de las principales falencias de los procesos de administración de llantas en las flotas de transporte de Colombia es la falta de medición y seguimiento al desempeño, factor fundamental para la gestión de mejora continua aplicada al proceso. Esta tendencia se debe a la falta de centralización del proceso de administración de llantas, pues en la mayoría de los casos, el responsable de la administración de llantas es el gerente de mantenimiento de la flota, quien por lo general se dedica a realizar gestión y seguimiento al plan de mantenimiento de los sistemas mecánicos, eléctricos y carrocería de la flota de transporte, relegando a un segundo plano el proceso de administración de llantas y el desempeño que tenga el departamento de mantenimiento en esta especialidad.

Podemos decir que a nivel nacional existen varias empresas que se dedican o especializan en la administración de activos de mantenimiento y específicamente de las llantas.

- La compañía Tellantas. Esta compañía ofrece diferentes servicios asociados al mantenimiento de cualquier tipo de vehículo, dentro de los cuales se encuentra la de administración de llantas y el servicio de reencauche, adicionalmente ofrecen a sus clientes una gran gama de marca de llantas y neumáticos, las más reconocidas son Michelin, Recamic, BF-Goodrich y Uniroyal, las cuales se ajustan y cubren las necesidades de los vehículos particulares, público de pasajeros y de carga.  
<http://www.tellantas.com>
- Dentro de la gama de software que se consigue en el mercado, podemos encontrar un programa llamado **“Programa para administrar toda clase de vehículos”**, creado en la ciudad de Medellín (Colombia), con el fin de administrar el mantenimiento, generar alarmas en cuanto a seguros o requisitos, control de contable y sistemas de rastreo satelital, en cuanto al seguimiento de llantas genera informes de rendimiento anexando recordatorios de fecha para inspecciones y/o cambio de las mismas.  
<http://www.administraciontaxi.com>
- Así mismo en lo respecta al mercado de reencauche de llantas, podemos mencionar la empresa Regigantes S.A, una empresa localizada en la ciudad de Medellín (Colombia), esta ingreso al mercado en el año 1984, y suple las necesidades del cliente, prestando servicios de seguimiento de llantas, capacitaciones a conductores. <http://www.regigantes.com>
- En Bogotá también encontramos empresas que se dedica o brindan servicios de reencauche, una de la más importantes y conocidas es Auto-mundial, esta compañía fue creada en Bogotá en el año 1916, inicia con el servicio de reencauche de llantas en 1968, actualmente cuenta con un

departamento de flotas, que tienen como objetivo reducir los costos en llantas, esto se logra implementando planes de trabajo, incluyendo levantamiento de información, registro, control de llantas, capacitación a todos los niveles de la organización, recomendaciones, indicadores entre otros. El servicio es in-house con el fin de prestar el servicio de montajes, alineaciones, balanceos, torqueo, esto se realiza mediante un software especializado que nos reporta en tiempo real estadísticas e indicadores mediante la recolección y alimentación de datos.  
<http://www.automundial.com.co/>

- Otra de las empresa que podemos mencionar dentro de la gama del reencauche es la empresa Master S.A, empresa fundada sobre los años sesenta, esta empresa inicio con la comercialización de llantas nuevas para todo tipo de vehículo, después de algunos años decidió incursionar en el mercado de llantas renovadas y reencauchadas con el sistema en caliente, en la actualizada utilizan el sistema de reencauche de laminado en frio, Actualmente se presta el servicio de administración en llantas por medio de un software llamado Audit, que controla, administra, costea, y mantiene las llantas de varias flotas a nivel nacional, siendo así una compañía que brinda reducción de costos a través de llantas nuevas y reencauchadas para cada una de las necesidades de los clientes. <http://www.master.com.co>

### 5.2.3. Estado Del Arte Internacional

También encontramos trabajos de índole internacional, donde podemos observar cómo se está trabajando o como se plantea trabajar en los usos y tipos de mantenimiento a llantas, adicionalmente empresas que pueden desarrollar este tipo de actividades, según las necesidades de diferentes países las cuales mencionaremos a continuación:

- Tesis: **Evaluación de opciones para la reutilización de llantas en Guatemala.** Año 2008; autor Luz María Guevara Abauta. En esta el autor

después de un análisis de las diferentes opciones que se tienen para la reutilización de las llantas, y teniendo en cuenta que el principal objetivo es disminuir la cantidad de llantas en Guatemala, donde se les da uso en asfaltos modificados con hule de llanta molida, Arrecifes artificiales y Materiales de construcción elaborados con las partes de la llanta, los cuales generan beneficios en la salud de la población, disminuyen la contaminación atmosférica y además generan fuentes de trabajo.

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1076\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1076_Q.pdf)

- Tesis: **Oferta y demanda de llantas en Lima Perú**; Año 2007; autor Grecia Rojas Huarcaya. En esta tesis el autor demostró que cuando la demanda genera menores ingresos para la empresa, se realizan promociones de llantas; donde a menor precio de producto hay una mayor acogida en el mercado, surge la oferta y el ingreso es mayor al de la demanda, donde evidencio que a menor precio menor demanda y a mayor ingreso mayor demanda, solo en el caso de los neumáticos nuevos y dependiendo el estatus del comprador, es la marca de sus llantas.  
[http://www.depaginas.com.ar/monografiasde-Oferta-y-demanda-de-llantas-\(Peru\)](http://www.depaginas.com.ar/monografiasde-Oferta-y-demanda-de-llantas-(Peru))
- Tesis: **Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa reencauchadora de llantas para buses y camiones**. en la ciudad de Quito en Ecuador; Año 2013; autor Lorena Yesenia Guerrero Urbano; en esta el autor muestra que los beneficios del reencauche de llantas son diversos, como son el ahorro al transportador, mediante la optimización de la carcasa de la llanta una vez terminada su vida útil, así como los beneficios económicos, sociales y ambientales. Una llanta tirada a la basura demora alrededor de 80 años antes de empezar su proceso de degradación, lo que genera un impacto negativo en la gestión ambiental de cualquier país. Ya que en números Ecuador presenta el índice más bajo de reencauche comprado con cualquier otro de los países vecinos.  
<http://hdl.handle.net/123456789/553>.

### 5.3 Marco Legal

A continuación las leyes vigentes que se deben tener en cuenta en la implementación y ejecución de un proceso de administración de llantas en el territorio colombiano.

**Tabla 1. Normatividad Aplicable**

ENTIDAD REGULATORIA	TIPO	NÚMERO	FECHA EXPEDICIÓN	DESCRIPCIÓN
Ministerios de Vivienda y Desarrollo Territorial, Transporte y Ambiente.	Resolución	3500	2005	Condiciones mínimas que deben cumplir los centros de diagnóstico automotor.
Icontec	Norma Técnica	NTC 5375	2010	Revisión técnico- mecánica y de emisiones contaminantes en vehículos automotores.
Rama Legislativa	Ley	769	2002	Código nacional de tránsito terrestre y se dictan otras disposiciones.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución	1457	2010	Sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas y se adoptan otras disposiciones.

ENTIDAD REGULATORIA	TIPO	NUMERO	FECHA EXPEDICIÓN	DESCRIPCIÓN
Ministerio De Comercio, Industria Y Turismo	Resolución	481	2009	Reglamento técnico para llantas neumáticas que se fabriquen, importen o se reencauchen y se comercialicen para uso en vehículos automotores y sus remolques.
Ministerio De Comercio, Industria Y Turismo	Resolución	230	2010	Modificación del reglamento técnico para llantas neumáticas que se fabriquen, importen, se reencauchen y comercialicen para uso en vehículos automotores y sus remolques.

## 6. CLASES DE INVESTIGACIÓN

### 6.1. Clases De Investigación

Tabla 2. Clases de Investigación

<b>Tipo de investigación</b>	<b>Características</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Histórica</li></ul>	Analiza los eventos del pasado y busca que se puedan relacionar con otros del presente.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Documental</li></ul>	Analiza la información escrita sobre el tema objeto del estudio.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Descriptiva</li></ul>	Reseña rasgos, cualidades y/o atributos de la población objeto del estudio.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Correlacional</li></ul>	Evalúa el grado de relación entre las variables de la población estudiada.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Explicativa</li></ul>	Da razones del porque se presenta los fenómenos.



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudios de Caso</li> </ul>	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seccional</li> </ul>	Recopila la información de objeto de estudio en oportunidad única.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitudinal</li> </ul>	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población, con el propósito de evaluar cambios.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimental</li> </ul>	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Fuente: Los Autores

## 6.2. Investigación Documental

Es una técnica que consiste en la selección y recopilación de información por medio de la lectura y crítica de documentos y materiales bibliográficos, de bibliotecas, hemerotecas, centros de documentación e información.

## 6.3. Investigación Descriptiva

La investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los

resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

## **7. MARCO METODOLÓGICO.**

### **7.1. Recolección de Datos**

#### **7.1.1. Mantenimiento:**

Es el conjunto de acciones que permiten mantener o reestablecer un bien en un estado específico o para asegurar un servicio determinado

Asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.  
(Mantenimiento Mundial, 2015)

#### **Tipos de mantenimiento**

Con el fin de establecer los tipos de mantenimiento empleados en un proceso de administración de llantas, se debe realizar una descripción general sobre el tema.

**Mantenimiento Correctivo:** consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

**Mantenimiento Preventivo:** consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

**Mantenimiento Predictivo:** consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición.

Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial)

**Mantenimiento Detectivo:** consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

**Mantenimiento Mejorativo:** consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

No es tarea de mantenimiento propiamente dicho, aunque lo hace mantenimiento. (Mantenimiento Mundial, 2015)

### **Las Actividades Para el Mantenimiento de Llantas**

- Marcación
- Ensamble
- Calibración
- Montaje

- Alineación
- Inspección
- Rotación
- Regrabado
- Desmontaje
- Reparación
- Reencauche

### **7.1.2. Condiciones asociadas al uso y consumo de llantas**

Las llantas, al igual que el combustible son un consumible en la operación de cualquier tipo de vehículo, de tal forma que como consecuencia del uso de las llantas mediante el recorrido de kilómetros se genera un consumo de este recurso, dicho consumo se puede clasificar en dos tipos de afectación o incidencia sobre la estructura de las llantas:

Por un lado se encuentra el consumo o desgaste de la banda de rodamiento, el cual se presenta debido a la fricción provocada por el rodamiento de las llantas sobre la superficie de tránsito del vehículo, sumada a esta condición se encuentran algunas condiciones puntuales de operación y mantenimiento, las cuales presentan un alto nivel de participación o afectación sobre el nivel y tipo de desgaste que se presentan en las bandas de rodamiento durante los ciclos de uso de las llantas.

El desgaste natural de las bandas de rodamiento por el uso de las llantas también se encuentra en función del tipo de compuesto y grado de dureza del caucho del cual se encuentra compuesta.

Por otro lado se presenta un deterioro progresivo sobre la estructura o carcasa de las llantas, este deterioro es natural al uso de las llantas debido a las condiciones de operación a las que estas son sometidas. Específicamente, las llantas deben soportar condiciones de trabajo como la carga de grandes pesos, la exposición continua a altas temperaturas por ambiente natural, por fricción de esta contra la

superficie de tránsito, o por irradiación de otros componentes mecánicos del vehículo. De igual forma, las carcasas de las llantas son sometidas a múltiples agresiones por condiciones de operación durante sus ciclos de uso, generando así daños y deterioro parcial o progresivo por perforaciones o cortes con elementos en la superficie de tránsito, desgaste por fricción de los costados de las llantas con elementos abrasivos como piedras y andenes, daños estructurales en los costados de las llantas por atrapamiento de piedras entre duales.

### **Materiales de las Llantas**

Los materiales empleados en la fabricación de las llantas se pueden englobar en tres grupos diferentes:

- Compuestos de caucho
- Tejidos (fibras textiles, hilos de acero, etc.)
- Alambres de acero

Se trata, por lo tanto, de una estructura formada por materiales de características y propiedades mecánicas muy diferentes.

### **Compuestos de Caucho**

Estos compuestos son mezclas de cauchos naturales y sintéticos que se combinan con otras sustancias y se someten a un proceso de vulcanización para obtener las propiedades físicas requeridas. Cabe destacar que, dentro de un mismo neumático, son muy diversas las características de la goma que se precisa para sus diferentes partes. Así, se requiere una goma de elevada rigidez para el engomado de las telas, resistencia al plegado, laceración, y envejecimiento para los talones y los flancos. Para las bandas de rodadura se precisan gomas con importante resistencia a la abrasión, a la laceración y a la oxidación.

Los polímeros o cauchos más usados en la construcción de llantas son:

- Caucho natural

- Estireno butadieno
- Caucho de butadieno
- Caucho de isopreno
- Caucho butílico halogenado

A pesar de la existencia de los cauchos sintéticos, el caucho natural, obtenido del jugo lechoso de diferentes árboles, es aún empleado en la fabricación de llantas. El motivo son las excelentes propiedades físicas del mismo, como resistencia al desgaste, a impactos y flexión o a la baja generación de calor y pérdidas por histéresis. Sus principales inconvenientes son la falta de uniformidad de sus propiedades, poca resistencia al envejecimiento, a fatiga y a la formación de ozono. Debido a sus propiedades se emplea en la fabricación de todas las partes de la llanta.

El estireno butadieno es actualmente el tipo de caucho sintético más utilizado. Sus ventajas son la uniformidad de las propiedades, la facilidad de procesado, resistencia al envejecimiento y resistencia al desgaste. Sus desventajas son la generación de calor y la baja resistencia a los impactos. Por ello, es empleado en la banda de rodadura, la carcasa y la parte interna.

El caucho de butadieno, como el estireno butadieno, es comúnmente utilizado. A diferencia de los dos componentes descritos, éste presenta una alta flexibilidad pero con poca resistencia a la elongación. Presenta buena resistencia al desgaste y a las bajas temperaturas y, por lo tanto, suele mezclarse con el caucho natural o con estireno butadieno para compensar sus propiedades. Es utilizado, principalmente para la fabricación de los flancos.

El caucho isopreno presenta propiedades similares a las del caucho natural, pero con un precio muy superior al de éste. Por este motivo se usa para reemplazar, en parte, al caucho natural. El caucho butílico halogenado tiene una alta impermeabilidad al aire, resistencia a la generación de ozono y a la fatiga. Sus desventajas son la generación de calor, la baja resistencia a impactos y la baja

adhesión. Debido a su impermeabilidad, es empleado para la fabricación de la parte interna de la llanta.

Entre las sustancias que se combinan con los cauchos para la mejora de sus propiedades destacan: negro de humo, azufre, acelerantes, plastificantes, activadores, antioxidantes, antiozonantes, etc. Los antioxidantes y antiozonantes se utilizan para evitar el envejecimiento producido por la formación de ozono, por el calor o por la fatiga. El negro de humo se añade para mejorar la resistencia a la rotura, al desgaste y el módulo de elasticidad. El azufre se utiliza como agente vulcanizante, con objeto de dar elasticidad y dureza a las llantas

## **Tejidos**

Se engloban dentro de los tejidos a los materiales utilizados para la fabricación de las lonas que forman parte de la carcasa y el cinturón. Embebidos en los compuestos de caucho, proporcionan resistencia y estabilidad a la estructura de la llantas, constituyendo el elemento que más influye en sus propiedades finales.

Antiguamente, los tejidos se fabricaban con cuerdas de algodón unidas por medio de caucho.

En la actualidad, los materiales utilizados frecuentemente en su fabricación son:

- Fibras textiles: rayón, nylon, poliéster
- Hilos de acero
- Fibra de vidrio

Dadas las diferentes propiedades de los materiales, cada uno de ellos se utiliza para una parte determinada dentro de una misma llanta y en función al tipo de utilización a que se destina ésta. Así, por ejemplo, para la carcasa de las llantas de turismo se utilizan tejidos de poliéster, de rayón o nylon, mientras en los neumáticos de camión se emplean hilos de acero o con una combinación de acero, rayón y nylon. En la parte del talón los tejidos son exclusivamente de acero.

## **Alambres De Acero**

En los talones se emplean hilos de acero, de diámetro superior al empleado en las telas, en forma trenzada o en paquetes de hilos paralelos. Estos paquetes de alambres se embeben en el caucho para conformar un aro con secciones circulares, cuadradas o hexagonales. Con el objeto de mejorar la adherencia entre la goma y los alambres en el proceso de vulcanización, los hilos reciben un tratamiento superficial de cobreado o latonado. Con este tipo de estructura el talón es la parte más rígida de la llanta, permitiendo la fijación de la misma al rin sin movimiento relativo entre ambos. A pesar de la elevada rigidez de esta parte, debe poseer la elasticidad adecuada para garantizar una distribución uniforme de las tensiones.

## **Mecanismo de Fricción Neumático – Carretera**

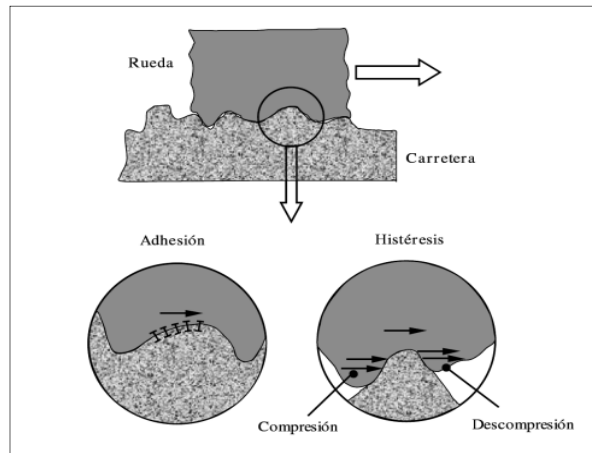
Las fuerzas de fricción, generadas en el contacto entre el neumático y la calzada, son debidas a dos fenómenos diferentes, adhesión e histéresis. Las fuerzas de adhesión se generan por la atracción entre moléculas de ambas superficies en contacto, en áreas con una alta presión localizada. Debido al giro de la rueda o al deslizamiento, el enlace entre las moléculas se rompe y se genera constantemente, disipando energía y dando lugar a las fuerzas de fricción.

Las fuerzas generadas por el fenómeno de histéresis son debidas a la constante deformación que sufre la banda de rodadura por las irregularidades de la superficie de la carretera. Estas irregularidades tienen unas longitudes de onda que varían entre 0,5 y 50 mm con amplitudes entre 0,01 y 20 mm. Cuando se deforma la banda de rodadura, para recuperar la forma inicial, se genera una fuerza en sentido contrario a la que provoca la deformación. Toda la energía de compresión no se recupera, disipándose en forma de calor y generando las fuerzas de fricción. La influencia de ambos fenómenos en la fuerza de rozamiento final depende de diferentes factores. Las fuerzas de adhesión son predominantes en rodadura por superficies secas. Sin embargo, cuando hay deslizamiento a alta velocidad en superficies secas predominan las fuerzas debidas a la histéresis.



Cuando la superficie de la carretera está mojada, se dificulta el enlace a nivel molecular, reduciéndose las fuerzas generadas por adhesión. Por otro lado, a elevadas velocidades, bien de rodadura o de deslizamiento, se reducen las fuerzas generadas por ambos fenómenos. (Pablo Luque Rodríguez, 2008)

**Ilustración 22. Fenómenos por los que se generan las fuerzas de adherencia**

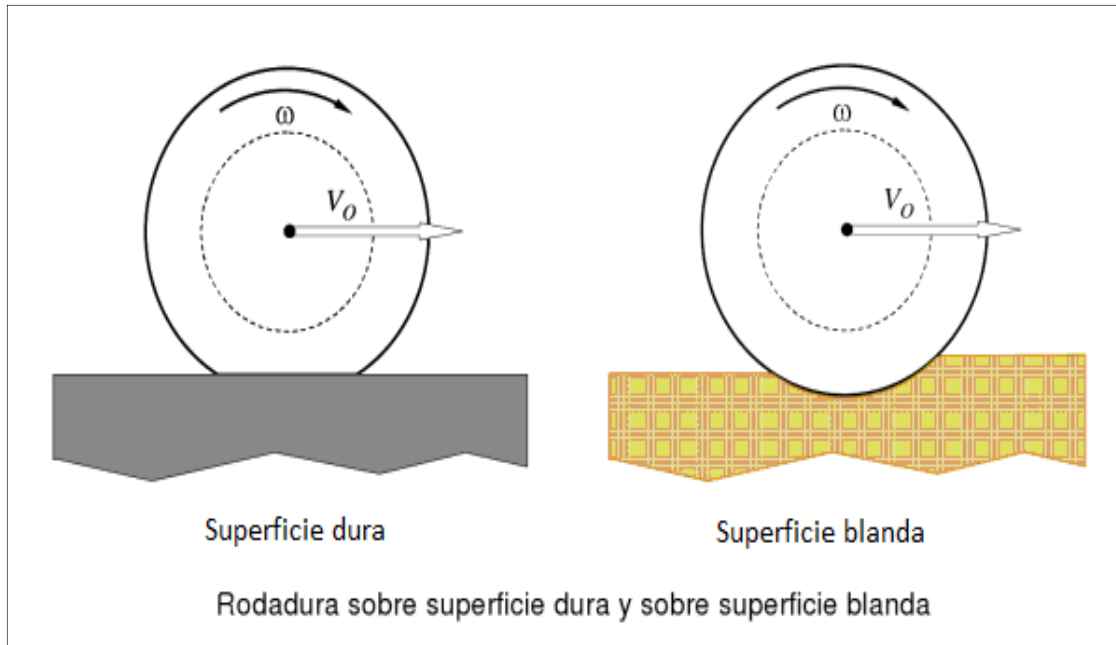


Fuente: Ingeniería Del Automóvil

## **Resistencia a la rodadura**

Cuando el neumático rueda sobre una superficie se disipa energía, tanto por la deformación de la propia superficie como por la deformación del neumático. La disipación de energía por la deformación de la superficie depende de la dureza de la misma; así, en superficies de dureza alta la disipación se debe fundamentalmente al neumático. La energía disipada por el neumático obedece a la deformación (rozamiento) de la zona de contacto y a las propiedades de amortiguamiento de la estructura de la cubierta. Debido al rozamiento de los elementos que la constituyen (pérdidas por histéresis). Esta disipación de energía mecánica se produce en forma de calor, ocasionando el calentamiento del neumático.

**Ilustración 23. Resistencia a la rodadura**



Fuente: Ingeniería Del Automóvil

### **7.1.3. Tipo y estado de las superficies de las vías recorridas.**

Las vías de operación son determinantes para el estado físico y niveles de desgaste, consumos o deterioro que puedan presentar los vehículos que las transitan, de tal forma que según los tipos de materiales y estados estructurales, se pueden encontrar condiciones favorables o de riesgo que impactan directamente sobre los componentes vehiculares, entre estos se ve directamente afectado el desempeño de las llantas por ser el único elemento que se encuentra en contacto permanente con la superficie de rodamiento y por recibir directamente todas las agresiones causadas por las condiciones irregulares que pueda presentar la vía transitada

### **7.1.4. Aplicaciones de llantas según tipo de operación.**

Las llantas, al igual que muchos otros componentes vehiculares, se clasifican en varios segmentos según su tipo de construcción, ensamble, y diseño de banda de rodamiento. Esta condición obedece a las grandes diferencias existentes entre las

tipologías vehiculares, tipos de vías y de servicio para el cual se requieren las llantas del vehículo. A continuación se detallan algunos aspectos relevantes sobre las aplicaciones de llantas.

#### **7.1.5. Clasificación de llantas por construcción.**

- **Llantas convencionales:** Este tipo de llanta se caracteriza por tener una estructura robusta y muy rígida, motivo por el cual presenta grandes desventajas en materia de desempeño frente a las llantas de construcción radial. A raíz de esto, las llantas de construcción convencional han sido desplazadas por las radiales en la gran mayoría de segmentos del mercado de transporte vehicular. Sin embargo, actualmente en Colombia se emplean llantas convencionales para aplicaciones específicas en flotas de transporte minero y de camiones que transitan por vías con irregularidades excesivas y con múltiples elementos cortantes que pueden generar agresiones a los costados de las llantas, esta tendencia debido a la robusta capa de caucho y capas textiles que se encuentran en los costados de las llantas de convencionales.
- **Llantas Radiales:** Este tipo de llanta presenta grandes ventajas en desempeño y economía respecto a las convencionales, son muy usadas a nivel general en la gran mayoría de tipologías vehiculares a nivel mundial. Sus beneficios en rendimiento kilométrico, costo por kilómetro, índice de reencauche y seguridad operacional, hacen de las llantas radiales la mejor opción para una operación de administración de llantas.

#### **7.1.6. Clasificación de llantas por tipo de ensamble.**

- Llantas con cámara
- Llantas sin cámara o sellomatic

A continuación alguna ventajas de uso de las llantas sellomatic:

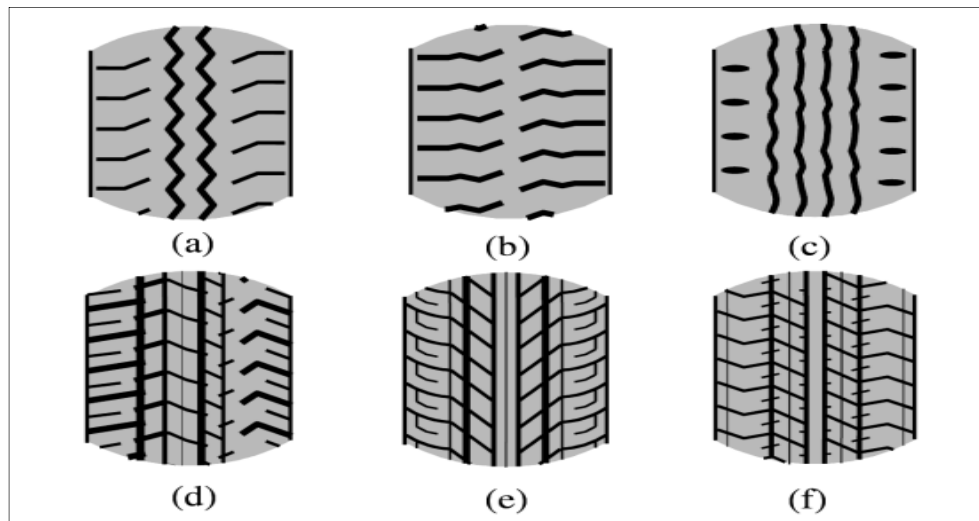
- Mejoran la retención de aire. En los neumáticos con cámara, ante un pinchazo o un deterioro de la misma se produce una pérdida rápida de aire y una variación brusca de la rigidez del neumático, que provoca inestabilidad en la trayectoria del vehículo. Sin embargo, los neumáticos sin cámara llevan un forro vulcanizado, que actúa como agente obturador de los pinchazos
- Mejora la seguridad. En los neumáticos con cámara es relativamente frecuente el reventón producido por el roce de la cámara con aristas, abolladuras, defectos etc., de la llanta o de la propia cubierta. En las llantas sin cámara ese fenómeno no se produce.
- Mejoran el confort, el conjunto rueda más neumático sin cámara es, en general, más ligero que el que lleva cámara, por lo tanto, la masa no suspendida es menor.
- Mejoran la evacuación de calor. Sin cámara interior, el calor generado, que incrementa la temperatura del aire interior, se disipa fácilmente a través de la llanta. Con la presencia de la cámara la disipación se dificulta por la baja conductividad de la misma.
- Mejora del montaje. La presencia de una cámara interior dificulta el montaje de la cubierta por el cuidado necesario para no dañarla, no montarla retorcida, etc. (Pablo Luque Rodríguez, 2008)

Las llantas más usadas en todo tipo de operación son las de ensamble sin cámara o sellomatic, esto debido a las grandes ventajas en desempeño y seguridad que ofrece este tipo de ensamble.

#### **7.1.7. Clasificación de llantas por tipo de banda de rodamiento.**

Otra parte esencial al momento de definir una aplicación de llantas para una operación es el diseño de la banda de rodamiento, pues según este diseño la llanta tendrá unas características o ventajas específicas en la operación. A continuación se hace referencia y una breve descripción de las funcionalidades de los principales tipos de bandas de rodamiento:

Ilustración 22. Diseño Bandas de Rodamiento.



(Pablo Luque Rodríguez, 2008)

- a) La parte central con surcos dispuestos en sentido circunferencial proporciona un nivel aceptable de control direccional, mientras que los surcos dispuestos en sentido diagonal generan una gran capacidad de tracción y respuesta al frenado. Este tipo de banda aplica para camiones y buses en todos los ejes
- b) Esta banda ofrece una buena capacidad de tracción y frenado, debido a los surcos diagonales de gran profundidad y extensión desde los hombros hasta la corona de la banda de rodamiento. Este diseño genera un elevado nivel de ruido a altas velocidades y una alta resistencia al rodamiento, aplica a vehículos industriales y autobuses con tránsito en superficies de tierra
- c) Este diseño ofrece bajo nivel de resistencia al rodamiento y un gran control direccional, su diseño permite una operación a altas velocidades con bajo nivel de ruido y poca generación de calor, presenta un nivel inferior de respuesta al frenado y evacuación de agua en superficies mojadas. Diseño aplicable para camiones y autobuses en ejes direccionales

- d) Diseño asimétrico que proporciona buen nivel de adherencia en superficies secas y gran nivel de evacuación de agua en suelo mojado
- e) Diseño con gran nivel desempeño a altas velocidades, presenta un buen nivel de tracción, respuesta al frenado y evacuación de agua en superficies mojadas. Aplica para toda posición en autos de alto desempeño
- f) Banda de rodamiento con características de gran control direccional, estabilidad y buen nivel de evacuación de agua en superficies mojadas. Aplica para toda posición en automóviles y camionetas.

#### 7.1.8. Clasificación de llantas según tipo de servicio.

- **Llantas para uso en autopistas y carreteras:** Son llantas diseñadas con estructuras ligeras y bandas de rodamiento con bajo nivel de resistencia al rodamiento, estas características se adaptan a las condiciones de velocidades altas y sostenidas por largos trayectos y con poca maniobra.

Ilustración 23. Llantas para Autopista o Carretera.



- **Llantas regionales, para uso en carreteras y ciudad:** Diseños intermedios, con carcassas de contexturas un poco más robustas que las de

uso en carretera, sus características permiten la operación a velocidades variables, adaptación a condiciones de arranque y parada y maniobras.

**Ilustración 24. Llantas para Uso Regional.**



- **Llantas para uso urbano:** son llantas con estructuras muy robustas y diseños de bandas de rodamiento con características de gran profundidad en surcos o tacos segmentados para adaptación y disipación de calor. Diseñadas para arranque y parada constantes, velocidades variables y maniobras cerradas.

**Ilustración 25. Llantas para uso Urbano.**



- **Llantas para uso fuera de carretera:** Llantas muy robustas, con estructuras reforzadas y bandas de rodadura de diseños especiales para la adaptación y buen desempeño en terrenos inestables y agresivos. En este segmento se encuentran aplicaciones especiales para maquinaria agrícola, industrial y de construcción.

**Ilustración 26. Llantas de Carretera**



#### **7.1.9. Conceptos de Administración de Llantas.**

Es muy común la pregunta de ¿cuánto kilometraje van a durar mis llantas?, o ¿cuánto kilometraje de rendimiento garantizado puedo obtener de las llantas de mi flota?

Para poder dar una buena respuesta a esas preguntas, lo primero que se debe analizar es si la flota en cuestión tiene un sistema particular de administración, cuidado y mantenimiento de llantas, así como las políticas de compra y cambio de llantas y retiro de las mismas, y una política de instalación y de renovado de llantas, además de cualquier otro aspecto que se desee controlar. Si se carece de estas bases, es muy difícil dar una respuesta correcta a estas cuestiones.



El usar como referencia otras flotas para demostrar el rendimiento, puede crear falsas expectativas y confundir el comportamiento de nuestras llantas, ya que no están bajo las mismas condiciones de aplicación, uso y operación. Por ello es muy conveniente que se tenga como referencia a la propia flota, con sus datos y parámetros de control, de esta forma podemos establecer una referencia, la cual nos permitirá buscar mejoras dentro de nuestra propia flota y con nuestros propios recursos. El contar con la referencia a otras flotas nos ayuda a generar ideas y buscar formas y métodos de control, mismos que nos permitan llegar a nuestros propios objetivos, siempre involucrando a nuestro personal y a nuestros operadores. Y solo así podremos dar una respuesta veraz a nuestro cuestionamiento inicial. (Radial Llantas, 2005)

Una correcta gestión de administración de llantas permite obtener grandes beneficios a nivel técnico, económico y operacional en una flota de transporte.

A continuación se hace mención a algunos de estos beneficios:

- Disponibilidad de flota
- Eficiencia operativa
- Optimización de costos
- Aumento de calidad técnica y disminución de riesgos
- Aumento de rendimiento kilométrico de las llantas mediante la ejecución de un mantenimiento adecuado a la operación
- Permite el control y seguimiento de cada una de las llantas de la flota

### **Objetivos de Proceso**

- Implementación o mejoramiento del modelo de gestión de llantas de la flota de transporte

- Optimización de costos del proceso
- Generación de información confiable y oportuna
- Evaluación de desempeño de productos (Llantas, bandas de reencauche, insumos de mantenimiento)
- Controlar inventario de llantas de la flota

### **Diagnóstico Inicial de Administración de Llantas**

Para realizar la implementación de un proceso de administración de llantas, es indispensable conocer cuál es el punto de partida o situación actual de gestión de llantas de la flota de transporte implicada. Para tal fin, se debe realizar un diagnóstico inicial que permita obtener información clave sobre las principales características de la operación, teniendo en cuenta los aspectos favorables y las situaciones de riesgo o fallas de la operación. A continuación se describen los datos iniciales a evaluar para la implementación de un proceso de administración de llantas. Sin embargo, es importante aclarar que no es muy factible que se cuente con toda la información planteada, en ese caso el proceso se debe limitar a los datos que se tengan disponibles y dar inicio al seguimiento del proceso sin datos históricos.

- Tipología vehicular (Tipos de vehículos que componen la flota)
- Composición de flota (Cantidad de buses por tipología)
- Tipo de operación (Si es transporte escolar, Masivo, Mixto, etc.)
- Análisis de kilometraje promedio recorrido por mes
- Análisis de llantas fuera de servicio (Causas de daños, rendimientos y participación por marcas, construcción y dimensión de llantas, etc.)
- Toma de datos del 100% de las llantas que la flota tiene en operación. Con esta información se debe generar un informe de participación de llantas en operación según su construcción, tipo de ensamble, dimensión, marca, ciclo de reencauche y profundidad de labrado

Con base en la información inicial recogida se debe realizar un análisis de desempeño y tendencias de la operación, identificando los factores clave dentro del proceso para tomar decisiones iniciales respecto a las condiciones más evidentes que puedan afectar al proceso o aportar a la generación de resultados favorables. Es así como se pueden plantear decisiones iniciales del proceso de administración de llantas como las marcas y referencias de llantas y bandas de reencauche que teóricamente presentarían un mejor desempeño.

### **Pesaje de Vehículos y Determinación de Presión de Inflado**

La actividad más sencilla e importante que puedes hacer para reducir tus costos por kilómetro es mantener las presiones de aire en la llanta.

Una creencia común es considerar que la llanta es la que soporta al vehículo sobre el camino, cuando de hecho es el AIRE en el interior de la llanta el que soporta al vehículo y su carga, además de absorber los impactos con el camino. Las llantas son simplemente los envases que retienen el aire. La determinación de la correcta presión de inflado es crítica para la exitosa operación de llantas de camión. El incremento de la flexión por inflado insuficiente causa generación de calor dentro de los componentes de la llanta. Si están con presión insuficiente, se gastarán rápidamente, las cuerdas de acero con las que se construyen se fatigarán y romperán, se desarrollará calor excesivo el cual las destruirá, y por otro lado, consumirán más combustible cuando estén rodando. Como regla general, por cada reducción en 10 psi en el inflado de la llanta da como resultado una reducción del 1% en km/lit de combustible.

Llantas con presión insuficiente, también proporcionarán a los conductores una sensación incomoda con el camino y tendrán una tendencia a patinarse en las curvas, creando una situación riesgosa de manejo y desgaste irregular.

Las llantas sobre infladas reducen la absorción de impactos, proporcionarán un manejo rígido y acelerarán el desgaste en los componentes de la suspensión. Serán más vulnerables a cortes, roturas por impacto y golpes en la superficie de la banda de rodamiento. Tanto el sobre inflado como el sub inflado cambian la huella de pisada de la llanta, que es el área que está en contacto con el camino. Éste cambio afectará la tracción de la llanta y puede conducir a patrones de desgaste irregular.

### **Determinación de las Presiones de Inflado**

Con el fin de determinar la mínima presión de inflado que deben tener las llantas de los vehículos, necesitas conocer algunos hechos acerca de la operación de éstos:

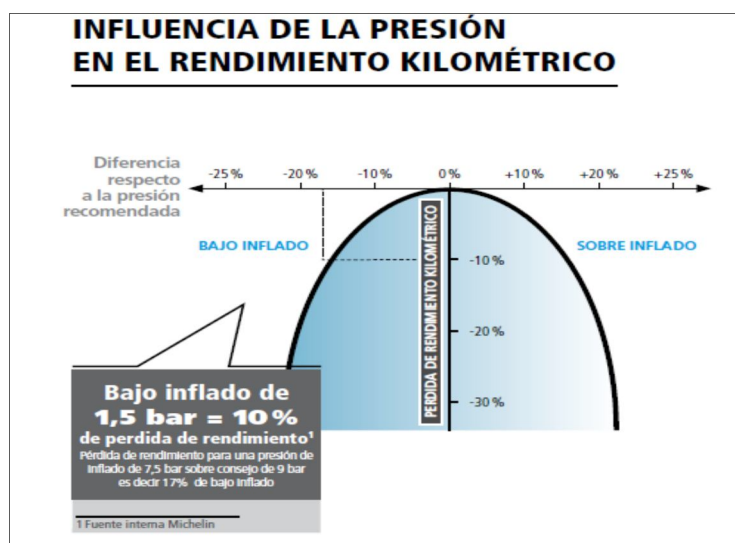
1. Medida y capacidad de carga de las llantas en el vehículo.
2. Carga por eje que está siendo transportada.
3. Número de llantas en cada eje.
4. Velocidad máxima del vehículo durante su operación.

**Ilustración 27. Pesaje de Vehículos**



Fuente: Los Autores

Ilustración 28. Influencia de la presión en el rendimiento kilométrico



Fuente: Documentación técnica Michelin.

Necesitas también tener el libro de datos del fabricante de tu llanta o el manual de la Asociación de Llantas y Rines (Tire and Rim Association), el cual te proporciona las tablas de cargas y presiones de inflado para la medida y tipo de llantas que tienes. (Bridgestone México, 2015).

En la ilustración 21 se puede observar el alto impacto que puede generar la deficiencia o exceso de presión en el desempeño de las llantas, alcanzando niveles de afectación superiores al 20%. Por tal motivo, en un proceso de administración de llantas es fundamental la ejecución de un pesaje de vehículos y la determinación de las presiones de inflado adecuadas de acuerdo a la carga soportada por cada llanta. A continuación se encuentran una tabla guía para la determinación de las presiones de inflado recomendadas por un fabricante, según la dimensión y carga soportada por las llantas.

Tabla 3. Presión de inflado de llantas según carga soportada

SIZE	LOAD INDEX	MOUNTING	AIR PRESSURE																	
			40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
185R14C	102/100	tandem (Kg)	635	670	700	730	780	800												
		single (Kg)	675	710	740	775	825	850												
215/70R14C	106/104	tandem (Kg)		765	835	900														
		single (Kg)		810	880	950														
205/70R15C	106/104	tandem (Kg)		670	730	785	845	900												
		single (Kg)		705	770	830	890	950												
225/70R15C	112/110	tandem (Kg)		790	860	975	995	1060												
		single (Kg)		835	905	995	1050	1120												
195/75R16C	107/105	tandem (Kg)	660	725	785	850	870	890	925											
		single (Kg)	700	765	835	900	920	950	975											
205/75R16C	113/111	tandem (Kg)	660	700	765	825	885	940	1000	1090										
		single (Kg)	700	745	810	875	935	1000	1060	1150										
225/75R16C	118/116	tandem (Kg)				990	1060	1130	1180	1250										
		single (Kg)				995	1100	1170	1250	1320										
7.00R16	113/112	tandem (Kg)	750	800	870	915	950	1005	1085	1120										
		single (Kg)	800	850	925	965	1000	1060	1020	1150										
7.50R16	122/120	tandem (Kg)	700	770	840	905	970	1035	1095	1160	1220	1280	1340	1400						
		single (Kg)	750	825	900	970	1040	1105	1175	1240	1305	1370	1435	1500						
205/75R17.5	124/122	tandem (Kg)					990	1050	1110	1170	1230	1285	1345	1400	1440	1500				
		single (Kg)					1030	1090	1150	1210	1275	1330	1390	1450	1540	1600				
215/75R17.5	126/124	tandem (Kg)					1135	1200	1270	1340	1405	1470	1535	1600						
		single (Kg)					1205	1275	1350	1420	1490	1560	1630	1700						
9.00R20	141/137	tandem (Kg)						1760	1850	1940	2030	2120	2210	2300						
		single (Kg)						1970	2070	2175	2275	2375	2475	2575						
	146/143	tandem (Kg)						1935	2040	2140	2240	2340	2440	2535	2630	2725				
		single (Kg)						2130	2245	2355	2465	2575	2685	2790	2895	3000				
	148/145	tandem (Kg)						1925	2030	2130	2230	2330	2425	2520	2620	2715	2805	2900		
		single (Kg)						2095	2205	2315	2420	2530	2635	2740	2845	2945	3050	3150		
10.00R20	150/147	tandem (Kg)						2045	2150	2260	2365	2470	2570	2675	2775	2875	2975	3075		
		single (Kg)						2225	2345	2460	2575	2690	2800	2915	3025	3135	3240	3350		
	149/145	tandem (Kg)						2060	2170	2275	2385	2490	2595	2695	2800	2900				
		single (Kg)						2310	2460	2550	2670	2790	2905	3020	3135	3250				
11.00R20	150/146	tandem (Kg)						2060	2170	2275	2385	2490	2595	2695	2800	2900				
		single (Kg)						2300	2420	2540	2660	2780	2895	3010	3125	3240				
12.00R20	154/149	tandem (Kg)						2160	2275	2390	2500	2610	2720	2830	2935	3040	3145	3250		
		single (Kg)						2490	2625	2755	2885	3010	3135	3260	3385	3510	3630	3750		
	151/147	tandem (Kg)						2110	2225	2335	2445	2550	2660	2765	2870	2970	3075			
		single (Kg)						2370	2495	2620	2740	2860	2980	3100	3220	3335	3450			
11.00R22	152/149	tandem (Kg)						2400	2500	2600	2650	2770	2890	3000	3080	3160	3250			
		single (Kg)						2500	2630	2740	2900	3020	3140	3250	3350	3450	3550			
10R22.5	141/137	tandem (Kg)						1635	1720	1805	1890	1975	2055	2140	2220	2300				
		single (Kg)						1775	1870	1965	2055	2145	2235	2325	2415	2500				
	146/143	tandem (Kg)						1935	2040	2140	2240	2340	2440	2535	2630	2725				
		single (Kg)						2130	2245	2355	2465	2575	2685	2790	2895	3000				
	148/145	tandem (Kg)						1930	2030	2130	2230	2330	2425	2520	2620	2715	2805	2900		
		single (Kg)						2095	2205	2315	2420	2530	2635	2740	2845	2945	3050	3150		
11R22.5	150/147	tandem (Kg)						2045	2150	2260	2365	2470	2570	2675	2775	2875	2975	3075		
		single (Kg)						2225	2345	2460	2575	2690	2800	2915	3025	3135	3240	3350		
	149/145	tandem (Kg)						2060	2170	2275	2385	2490	2595	2695	2800	2900				
		single (Kg)						2310	2430	2550	2670	2790	2905	3020	3135	3250				
12R22.5	150/146	tandem (Kg)						2130	2245	2355	2465	2575	2685	2790	2895	3000				
		single (Kg)						2380	2505	2630	2755	2875	2995	3115	3235	3350				
	148/145	tandem (Kg)						1990	2095	2200	2305	2405	2505	2605	2705	2805	2900			
		single (Kg)						2165	2275	2390	2500	2615	2720	2830	2940	3045	3150			
	149/146	tandem (Kg)						1995	2100	2205	2305	2410	2510	2610	2710	2805	2905	3000		
		single (Kg)						2160	2275	2385	2500	2610	2720	2825	2935	3040	3145	3250		
275/80R22.5	151/148	tandem (Kg)						2095	2205	2315	2420	2530	2635	2740	2845	2945	3050	3150		
		single (Kg)						2295	2415	2535	2655	2770	2885	3000	3115	3225	3340	3450		
	150/147	tandem (Kg)						2185	2300	2415	2525	2640	2750	2860	2970	3075				
		single (Kg)						2380	2505	2630	2755	2875	2995	3115	3235	3350				
	152/148	tandem (Kg)						2095	2205	2315	2420	2530	2635	2740	2845	2945	3050	3150		
		single (Kg)						2360	2485	2610	2730	2850	2970	3090	3205	3320	3435	3550		
295/80R22.5	154/150	tandem (Kg)						2225	2345	2460	2575	2690	2800	2915	3025	3135	3240	3350		
		single (Kg)						2490	2625	2755	2885	3010	3135	3260	3385	3510	3630	3750		
305/75R24.5	154/149	tandem (Kg)						1925	2045	2160	2275	2385	2500	2610	2720	2825	2935	3040	3145	3250
		single (Kg)						2220	2360	2490	2625	2755	2885	3010	3135	3260	3385	3510	3630	3750
385/65R22.5	158	tandem (Kg)						2920	3075	3225	3375	3525	3675	3820	3965	4110	4250			
		single (Kg)						3090	3255	3415	3575	3735	3890	4045	4195	4350	4500			

Fuente: [www.goodyear.com.co](http://www.goodyear.com.co)

## Formulación del Programa de Administración de Llantas

Una vez realizado el diagnóstico inicial para el proceso de administración de llantas, y tomadas las decisiones de las presiones de inflado con base en la carga

soportada, y marcas de llantas y bandas de reencauche a emplear en la operación según las características de la operación, se debe abordar el tema del plan de mantenimiento de llantas de la flota. Para tal fin se requiere el diseño e implementación de un plan de mantenimiento que contemple todas las actividades a ejecutar y variables que pueden presentarse en el proceso técnico y administrativo del mantenimiento de llantas. En el ámbito técnico se debe tener en cuenta la definición y documentación de los procedimientos para los servicios técnicos y el establecimiento de parámetros claros para la ejecución de dichos servicios.

A continuación se encuentra una tabla con ejemplo de las frecuencias y parámetros a definir en un proceso de administración de llantas:

**Tabla 4. Parámetros para ejecución de servicios técnicos**

<b>TABLA DE PARÁMETROS PARA EJECUCIÓN DE SERVICIOS TÉCNICOS</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Ejemplo Frecuencia</b>	<b>Parámetro</b>
Inspección de llantas de la flota	Mensual	100% de llantas de la flota
Alineación de ejes	Cada 20000 Km	Rangos de Toe, camber, caster, y ángulo direccional
Rotación de llantas por cada eje	Eje direccional: Cada 18000 Km Eje de tracción: Cada 12000 Km	+/- 3000 Km. Rango de desviación admitida en Km
Balanceo	Cada 12000 Km y/o cada servicio de montaje o rotación por eje	+/- 1 Oz. Rango de desviación admitida en Onzas
Calibración de llantas	Semanal o mensual, y cada vez que se ejecute un servicio técnico de llantas	Eje direccional: 110 P.S.I. Eje de tracción: 80 P.S.I.
Regrabado de llantas	Cuando las llantas se encuentre en un rango de profundidad de 2mm a 4mm	Únicamente llantas no reencauchadas o en primer ciclo de uso.
Marcación de llantas	Cuando una llanta nueva ingresa a inventario	Marcar con número asignado por el sistema de información del proceso de administración de llantas
Torqueo	Semanal o mensual, y cada vez que se ejecute un servicio técnico de llantas	par de apriete de 450 Lb/Pie
Montaje y desmontaje de llantas	Según requerimientos de mantenimiento de llantas, servicio preventivo o correctivo	Que se asegure el buen estado y correcta profundidad, presión de inflado y par de apriete de

		las llantas montadas
Reparación de llantas	Cuando una llanta presente un daño (corte, perforación)	Ejecución de actividad según criterios técnicos del fabricante de los insumos de reparación
Reencauche de llantas	Se reencaucha cuando la banda de rodamiento está en el límite máximo de desgaste (entre 2mm y 3mm)	Que el proceso de reencauche cumpla los criterios de la norma técnica de reencauche NTC 5384
Análisis de llantas fuera de servicio	Cada vez que se analice la carcasa de la llanta y se determine que no está en óptimas condiciones y no sirve para reencauche.	Descripción técnica de causa de retiro de servicio de la llanta, según procedimiento y/o manual de fallas establecido por el proceso

Fuente: Los Autores

La definición de frecuencias y parámetros debe estar soportada en las especificaciones técnicas de los fabricantes de los vehículos intervenidos en el servicio de mantenimiento, los fabricantes de llantas, reencauche, e insumos para mantenimiento de llantas, las recomendaciones técnicas de asesores expertos, y las normas técnicas y legales aplicables al proceso.

### **Proceso Administrativo de Llantas**

Los análisis y decisiones administrativas son parte fundamental y determinante en los resultados de un proceso de administración de llantas. El alcance administrativo del proceso comienza con el análisis de datos del levantamiento de información inicial, la decisión de las marcas de productos a emplear en el servicio, la definición del plan de mantenimiento y la conformación del equipo de trabajo del proceso, hasta el análisis de resultados y toma de decisiones para la mejora, cerrando el ciclo con la gestión ambiental de llantas fuera de servicio, es decir, todo el ciclo de vida útil de cada llanta en administración. Todo esto dentro del marco del ciclo PHVA (Planear, hacer, verificar y actuar) en concordancia con los lineamientos de un sistema de gestión integrado.



### **7.1.10. Reencauche de Llantas.**

El reencauche es una fase importante para extender la vida de una llanta y se aplica por lo general a las llantas de tamaño mediano para camión o buses, debido a que no es un procedimiento rentable para las llantas nuevas de automóviles y camionetas. Consiste en renovar la banda de rodamiento de las llantas gastadas y con la carcasa en buen estado, con el fin de permitir su uso en aplicaciones normales por dos o tres veces como máximo, lo cual mejora los costos de movilización. Es utilizado como un procedimiento idóneo para extender la vida de una llanta. Aplicable de manera general a las de tamaño mediano para camión o buses debido a que no es rentable frente a las llantas nuevas de automóviles y camionetas.

Las operaciones que se llevan a cabo son:

- Inspección inicial.
- Pelado de la carcasa.
- Preparación de carcasa.
- Reparación de carcasa.
- Relleno de carcasa.
- Corte y cementado de banda.
- Cementado de carcasa.
- Embandado.
- Vulcanización.
- Inspección final y acabado

Los beneficios de la actividad de reencauche y el empleo de llantas reencauchadas son los siguientes:

- Rendimiento similar en cuanto a kilómetros recorridos frente a las llantas nuevas.
- Menor costo por kilómetro recorrido.
- El costo de la llanta reencauchada es entre 30 y 50% menor que la nueva.
- El reencauche se puede hacer en diferentes diseños, sin tener en cuenta el diseño de la llanta original.
- Disminuye los residuos líquidos y sólidos e igualmente se conservan cientos de millones de galones de petróleo cada año, pues hay un ahorro de cerca del 70% del uso de este recurso.

A tener en cuenta:

Aproximadamente el 70% del costo de una llanta nueva está en el cuerpo de la llanta (Carcasa). Con un mantenimiento adecuado al vehículo, el reencauche permite darle varias vidas a la llanta.

Algunos fabricantes de llantas originales (OEM), reencauchan o apoyan tecnológicamente a empresas dedicadas a esta actividad, por lo cual las llantas prestan un servicio muy similar a las llantas nuevas. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2006).

#### **Las operaciones que se llevan a cabo son:**

1. Inspección inicial: revisar la totalidad de la carcasa para establecer si es apta o no para reencauche, es decir, que la carcasa se encuentre en condiciones seguras de operación luego del reencauche.

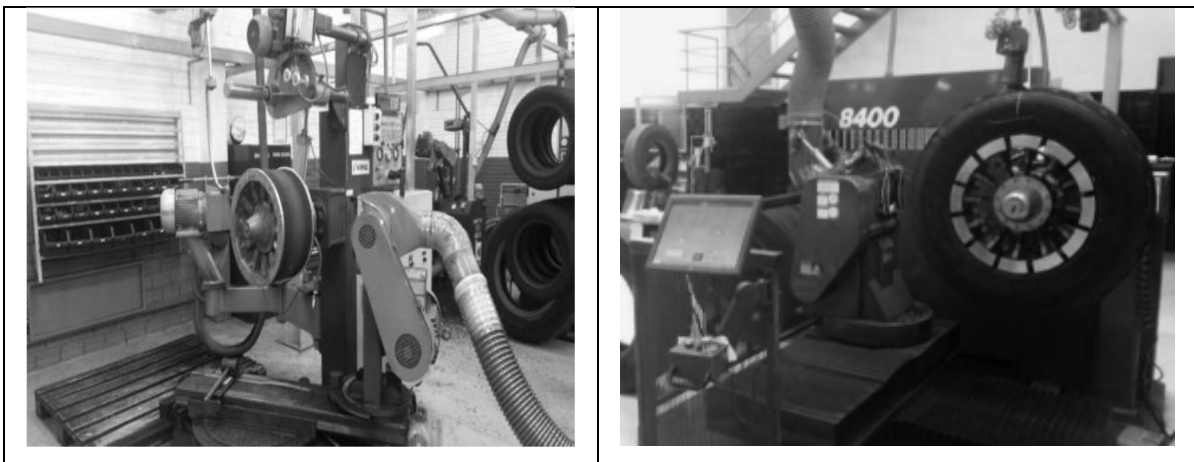
**Ilustración 29. Inspección inicial**



Fuente: Los Autores

2. Pelado de la carcasa: tiene como objetivo retirar el remanente de caucho de las carcacas. Es en esta operación donde se produce el principal desecho del proceso, el ripio, que es recolectado y posteriormente vendido a empresas procesadoras de este material.

**Ilustración 30. Pelado de Carcasa**



Fuente: Los Autores

3. Preparación de carcaza: su finalidad es devolver la resistencia e integridad a una carcaca dañada o maltratada garantizando que vuelva a servicio con todos los parámetros de seguridad. Todo daño es eliminado utilizando

diversas herramientas y métodos para proporcionar una base sólida para la reparación.

**Ilustración 31. Preparación de Carcaza**



Fuente: Los Autores

4. Reparación de carcasa: en esta etapa se restituye el esfuerzo de las lonas afectadas, utilizando parches.

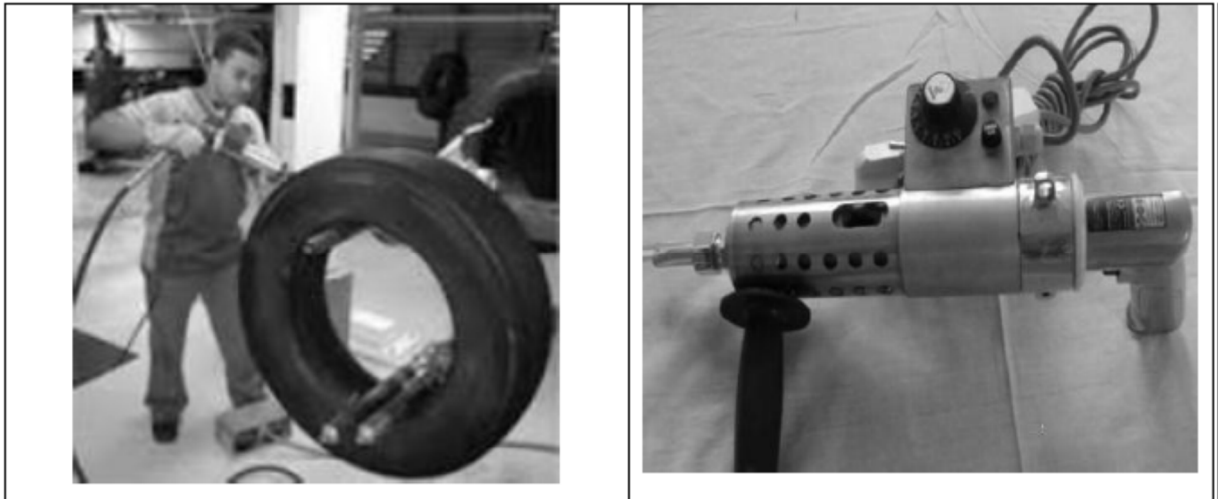
**Ilustración 32. Reparación de Carcaza**



Fuente: Los Autores

5. Relleno de carcaza: busca reponer el caucho retirado de las heridas de la carcasa en las etapas de preparación y reparación.

**Ilustración 33. Relleno de Carcaza**



Fuente: Los Autores

6. Corte y cementado de banda: Preparar la banda de acuerdo con el diseño escogido por el cliente y la longitud equivalente al perímetro de la carcasa.

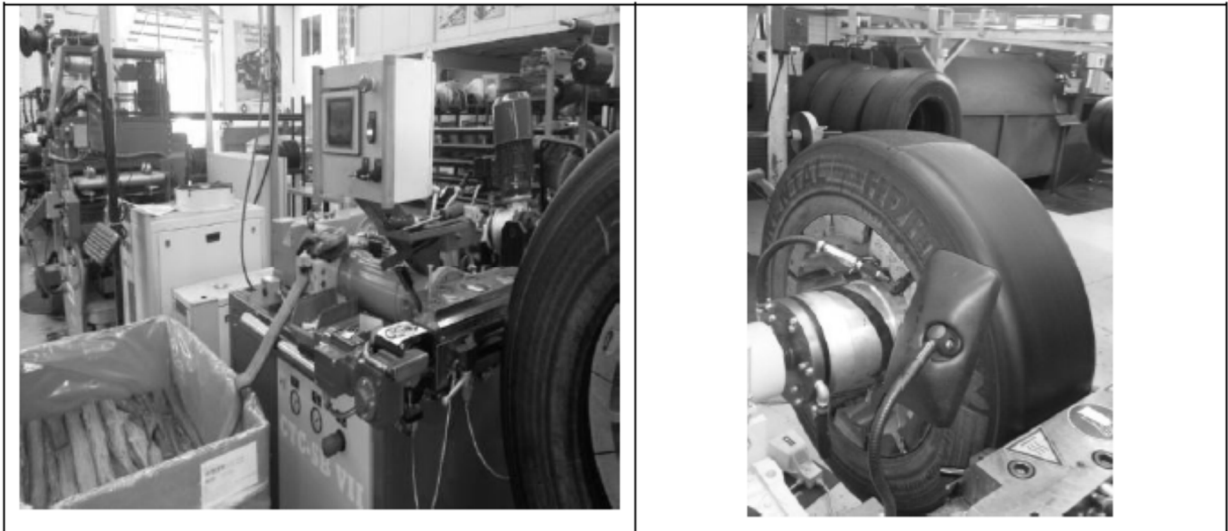
**Ilustración 34. Corte y Cementado de banda**



Fuente: Los Autores

7. Cementado de carcasa: Proteger la carcasa de la oxidación e incrementar la unión de los componentes en el Embandado.

**Ilustración 35. Cementado de Carcaza**



Fuente: Los Autores

8. Embandado: Aplicar una banda de rodamiento nueva a una carcasa pelada y preparada.

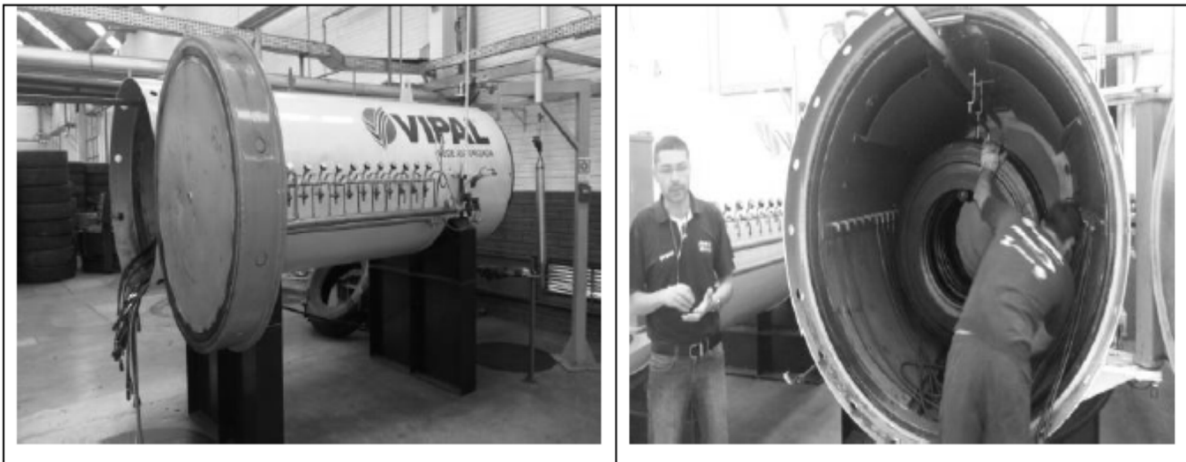
**Ilustración 36. Embandado**



Fuente: Los Autores

9. Vulcanización: Aplicar calor por un período de tiempo a las presiones adecuadas al caucho crudo de tal manera que se vulcanice al punto óptimo de sus propiedades físicas y se obtenga la máxima adhesión del cojín con la banda y la carcasa.

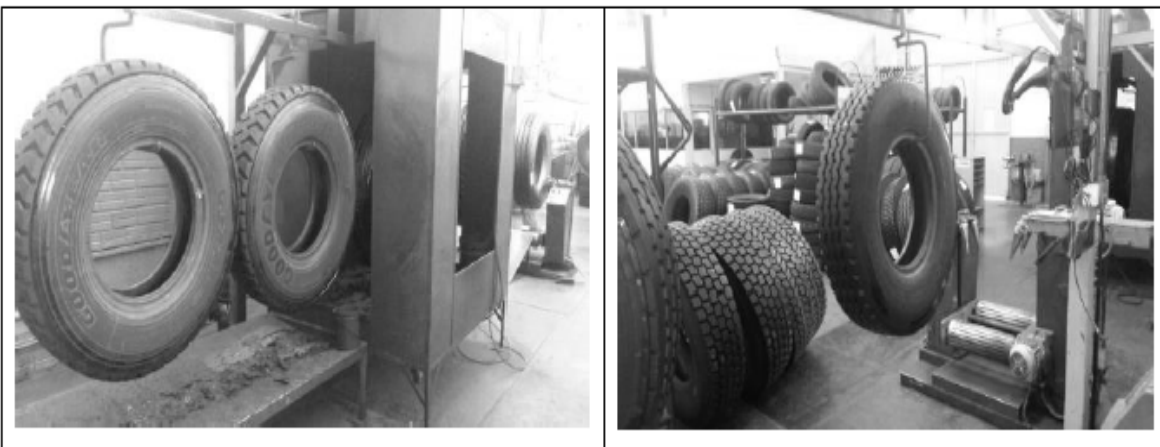
**Ilustración 37. Vulcanización**



Fuente: Los Autores

10. Inspección final y acabado: Asegurar la calidad del reencauche por medio de una detallada inspección interna y externa de la carcasa, y mejorar la presentación de las carcacas reencauchadas. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2006).

**Ilustración 38. Inspección Final**



Fuente: Los Autores

#### **7.1.11. Análisis de Llantas Fuera de Servicio.**

El análisis de las llantas que llegan a fin de ciclo o uso en operación es fuente fundamental de información sobre las condiciones técnicas y operacionales asociadas al proceso de administración de llantas. Una correcta clasificación de los daños observados en las llantas de desecho genera información muy importante para la implementación de planes de mejora y/o la definición de estrategias técnicas y administrativas del proceso. De igual forma, el análisis de llantas fuera de servicio proporciona información importante sobre las características técnicas y operacionales de la flota de transporte evaluada, como los diseños, dimensiones, uso, mantenimiento y aplicaciones de las llantas de la flota.

**Participantes:** Los participantes en la actividad de análisis de llantas fuera de servicio deben ser los directos responsables del cuidado y administración de las llantas, en este caso debe ser el coordinador o supervisión de administración de llantas junto a los técnicos encargados de la ejecución de los servicios de mantenimiento de llantas. Asimismo, es importante que los directores de operaciones y mantenimiento general de la flota sean partícipes de esta actividad, pues muchas de las causas de desecho de las llantas se encuentran relacionadas a condiciones defectuosas en los sistemas de frenos, suspensión y dirección de los vehículos, y a problemas de operación, como el tránsito por rutas con exceso de condiciones agresivas o malos hábitos de manejo por parte de los conductores de la flota. Como resultado del análisis conjunto se deben idear e implementar planes de trabajo conjunto entre estas tres partes (Operaciones, Mantenimiento de flota, y Administración de llantas), que permitan la mejora continua del desempeño del proceso de administración de llantas, y en general la mejora de las condiciones mecánicas y operacionales de la flota de transporte.



**Ilustración 39. Participante en análisis de llantas**



Fuente: Rac Llantas

### **Elementos para ejecución del análisis de llantas**

Las herramientas y elementos empleadas para la ejecución de esta actividad son las siguientes:

- Crayón o tiza para caucho
- Punzón o lesna
- Pinzas de seguros
- Profundimetro
- Formatos de registro
- Guantes
- Lámpara

### **Información técnica y de desempeño específico de las llantas de desecho**

Es de gran importancia que la información de cada una de las llantas inspeccionadas se encuentre registrada por completo en un formato diseñado especialmente para este análisis, pues esta información del análisis de llantas fuera de servicio es una de las bases de datos más importantes para el proceso de administración de llantas, ya que es fuente de información de tres de los

principales indicadores de desempeño del proceso. Del análisis de llantas de desecho se toman los datos del Costo por kilómetro, Rendimiento kilométrico e índice de reencauche. A continuación el listado de la información básica que debe contener un formato para análisis de llantas fuera de servicio:

- Fecha de inspección
- Marca de llanta
- Referencia de llanta
- Dimensión de llanta
- Ciclo de uso
- Referencia de banda de rodamiento
- Profundidad de labrado
- Kilometraje recorrido (por cada ciclo)
- Costo total (Costo de adquisición más costos de reencauchados)
- Costo por kilómetro (\$/Km)
- Información de causa de desecho
  - Tipo de daño
  - Ubicación
  - Atribuible o causa

**Ilustración 40. Análisis y toma de datos de llantas.**



Fuente: Joseph Orihuela

## **Levantamiento de datos y generación de informe**

Es recomendable realizar el análisis de llantas fuera de servicio con una periodicidad mensual, teniendo en cuenta la inclusión de la totalidad de llantas que salieron fuera de servicio durante el mes anterior, y tomando toda la información requerida en el formato definido para esta tarea. Una vez realizado el análisis y la toma de datos, se debe proceder a la generación de un informe de llantas en desecho, incluyendo información importante como participación de marcas y referencias de llantas, dimensiones, promedio de profundidad de desecho, principales causas de desecho, y los indicadores de Rendimiento kilométrico, Índice de reencauche, y Costo por kilómetro. Los cuales son fiel reflejo de la gestión de administración de llantas.

### **7.1.12 Disposición Final de Llantas Usadas**

En esta sección se presentan diferentes alternativas de Aprovechamiento y Disposición Final de las llantas usadas, mediante las cuales se puede lograr un manejo adecuado del residuo minimizando los impactos ambientales. El aprovechamiento implica procesos de transformación que permiten fabricar productos similares o totalmente diferentes, tomando como materia prima las llantas usadas.

#### **Procesamiento de llantas usadas**

En la actualidad se pueden utilizar diversos métodos para la recuperación de llantas y/o su eliminación controlada con el propósito de minimizar los impactos ambientales asociados con su inadecuada disposición. Entre ellos se encuentran:

**Co-procesamiento:** El co-procesamiento de las llantas es un proceso de aprovechamiento que consiste en utilizar en los hornos cementeros el poder calorífico de la llanta para producir energía y en la incorporación del acero en el Clinker obtenido, controlando debidamente las emisiones atmosféricas.

**Trituración:** Consiste en reducir el tamaño de las llantas a través de diferentes técnicas con el fin de separar el caucho de elementos como el acero y los textiles. El caucho obtenido puede emplearse para la fabricación de nuevos productos y diversas aplicaciones civiles e industriales, como canchas de tenis sintéticas, tapetes, entre otros, en la actualidad existen dos tipos de trituración empleadas a nivel piloto e industrial:

**Trituración mecánica:** La trituración mecánica emplea cuchillas para desmenuzar las llantas, por lo general este tipo de trituración se realiza en cascada, es decir se trituran paulatinamente las llantas hasta alcanzar el tamaño mínimo requerido y luego se emplean clasificadores neumáticos y magnéticos para separar el textil y el acero presentes.

La mayor ventaja de este proceso es que se obtienen productos de buena calidad con un reducido número de etapas de proceso; adicionalmente no requiere de etapas de purificación ya que no se emplean sustancias ajenas a las llantas.

**Trituración Criogénica:** La trituración criogénica consiste en congelar con nitrógeno líquido llantas enteras, las cuales son golpeadas para obtener el caucho en forma de polvo, con liberación de nitrógeno gaseoso.

Este proceso tiene como ventaja el reducido tamaño de las partículas obtenidas, y como desventaja el hecho de que las partículas acero y caucho se encuentran mezcladas; adicional a esto, requiere instalaciones con altos costo de inversión y mantenimiento, así como maquinaria altamente especializada.

**Uso en asfaltos modificados:** Uno de los mayores usos que actualmente se les está dando a las llantas usadas trituradas provenientes de procesos mecánicos o criogénicos es su adición al pavimento asfáltico tradicional. La incorporación del grano de caucho reciclado (GCR) en las mezclas asfálticas ha sido de buena aceptabilidad desde hace algunas décadas en muchos países por los buenos resultados en el desempeño de los pavimentos asfálticos y otras obras civiles.

Existen tres maneras básicas de emplear las llantas trituradas libres de acero y textiles en asfaltos modificados:

**Asfalto modificado convencional:** La fabricación de este tipo de asfalto consiste en mezclar el caucho con el tamaño de partícula apropiado junto con los demás agregados antes de adicionar el asfalto, y se conoce tradicionalmente como asfalto modificado por vía seca; en este proceso se puede incluir entre un 2-15% de caucho con respecto a los agregados. La siguiente figura muestra el diagrama de flujo del proceso.

**Ilustración 41. Diagrama de flujo para asfalto modificado convencional**



Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas

Las principales ventajas de este proceso son:

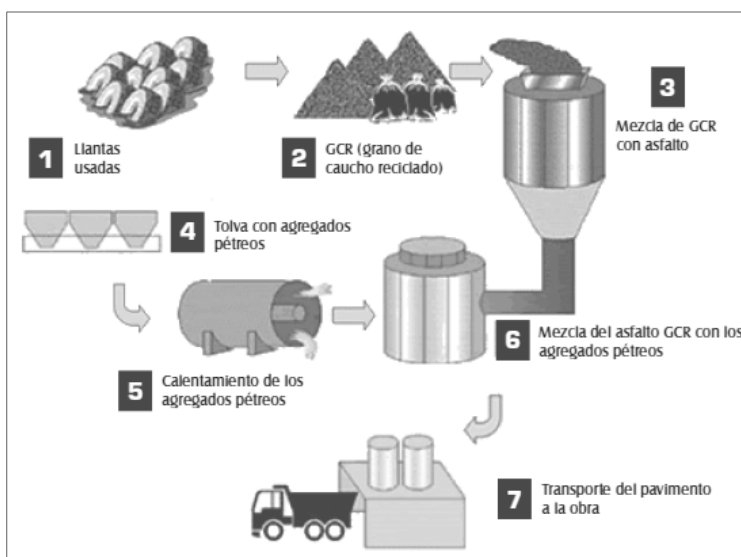
- No requiere de maquinaria especializada ya que el caucho se mezcla de manera simple con los demás agregados
- Se aumenta la impermeabilidad del asfalto final,
- Mejora las características geológicas del asfalto a diferentes temperaturas.

La principal desventaja de esta mezcla radica en la tendencia que tienen los agregados a separarse del asfalto durante el almacenamiento; en el asfalto

tradicional la separación es de un 2-4%, pero con la adición de caucho esta puede llegar hasta un 25%, lo cual repercute en la calidad y homogeneidad del producto y reduce su tiempo de vida en almacenamiento.

**Asfalto químicamente modificado:** El asfalto químicamente modificado consiste en mezclar el caucho directamente con el pavimento (ligante), con lo cual se consigue una mayor homogeneidad. La siguiente figura muestra el proceso de obtención de este producto.

**Ilustración 42. Diagrama de flujo para asfalto modificado químicamente**



Fuente: Guía para el manejo de llantas usadas

Las mejoras en las propiedades mecánicas y el incremento de la vida útil del mismo (entre 58 y 230%), hace que la relación beneficio-costos sea mayor comparada con la de un pavimento con una mezcla asfáltica convencional. Adicionalmente se reducen los problemas de separación de agregados, la cual llega a valores entre el 2 y 4%.

La utilización del GCR, además de ayudar a solucionar la problemática ambiental generada por las llantas usadas, proporciona en sus compuestos caucho natural y cauchos sintéticos que le brindan al pavimento elasticidad y mayor resistencia a la fatiga. Por otro lado, el negro de humo que estas contienen actúa como

antioxidante en el ligante, atenuando su envejecimiento y por ende prolongando la capacidad cohesiva del mismo en el tiempo. Se ha demostrado en estudios del departamento nacional de vías de Estados Unidos que adicional al aumento de vida útil, se produce una disminución en los niveles de ruido generados por la fricción al agregar caucho de llanta triturada a las mezclas asfálticas, sea de manera convencional o modificado químicamente

**Uso como relleno de la capa asfáltica:** El uso de las llantas trituradas como relleno en la capa asfáltica junto con el “recebo”, es una aplicación ampliamente extendida ya que mejora las propiedades de flexibilidad de la capa al impedir agrieta miento prematuro por sobrepeso en las vías; de la misma manera, actúa como capa impermeable que impide la afectación de la humedad a la base por acción del agua.

Como ventaja tiene que los trozos de caucho pueden emplearse con las capas de acero y el relleno textil, por lo cual se requiere un mínimo procesamiento de la llanta usada. Suelen emplearse trozos de 5-8 cm en capas de 8-30 cm cubiertas por grava en capas de 30- 50 cm.

**Uso como insonorizante en autopistas:** Otra aplicación importante y que se utiliza en los Estados Unidos de Norteamérica es el uso de llantas como sistema insonorizante en carreteras o autopistas que limitan con viviendas o complejos residenciales. Se ha demostrado que las llantas proveen un excelente aislamiento contra ruidos generados en carretera, y para su uso, se trituran y se empacan en láminas ya sea de polímeros reciclados o nuevos o láminas metálicas para instalar las barreras según la geometría y distribución requeridas.

Como ventaja principal, además de reducir las molestias a los residentes aledaños a las autopistas, está el que no se requiere un procesamiento mínimo ya que pueden emplearse llantas trituradas sin retirar el acero o la capa textil, lo cual supone una economía al momento de poner en práctica la opción.

## **Impactos Ambientales Por Manejo Inadecuado**

El manejo inadecuado de cualquier tipo de residuo genera impactos ambientales que están acordes con la naturaleza del mismo (residuo peligroso, residuo convencional). Actualmente en Colombia las llantas no están consideradas como residuo peligroso; sin embargo, éstas se componen de un gran número de sustancias con connotaciones peligrosas, las cuales tienen un impacto en la salud si no se da el manejo apropiado.

En esta sección presentamos las consecuencias de algunas prácticas de manejo inapropiadas que impactan sobre el medio ambiente, no sin antes resaltar nuestra responsabilidad como ciudadanos respetuosos con el entorno en la disposición adecuada al momento de reemplazarlas; es decir, cada uno de nosotros debe cerciorarse que el lugar donde dejamos las llantas garantiza su adecuada disposición con el fin de prevenir los siguientes impactos.

### **Quema a cielo abierto**

Las emisiones por la quema de llantas a cielo abierto representan un serio impacto negativo a la salud y el medio ambiente.

Las emisiones al aire que produce la quema de llantas a cielo abierto incluyen contaminantes de referencia, tales como material particulado, monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Incluyen también contaminantes peligrosos tales como hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs), dioxinas, furanos, cloruro de hidrógeno, benceno, bifenilos policlorados (PCBs), y metales pesados como arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio, cromo, y vanadio.

Los compuestos volátiles más abundantes pertenecen a los aromáticos así como los alifáticos, olefínicos, o acetilénicos-sustituidos. Se presentan también compuestos cíclicos, alcanos, alquenos, y dienos.



La exposición de las personas a este tipo de emisiones genera impactos significativos a la salud, tanto agudos (de corta duración). Como crónicos (de larga duración). Estos efectos pueden incluir irritación de la piel, ojos, y membranas mucosas, depresión del sistema nervioso central, efectos respiratorios y cáncer. (Efectos mutagénicos).

El factor mutagénico para las emisiones provenientes de la quema de llantas a cielo abierto es mayor al de cualquier otro tipo de combustión; por ejemplo, es 3-4 grados de magnitud más grande que los factores de mutagenicidad para la combustión de petróleo, carbón, o leña en las calderas de centrales térmicas. Se debe resaltar que un compuesto mutagénico es una sustancia que ocasiona un cambio en el material genético de una célula del cuerpo humano.

Estas mutaciones pueden encaminarse a defectos al nacer, abortos espontáneos, cáncer, o podrían causar un incremento en la incidencia de enfermedades genéticas en las generaciones futuras y contribuir a enfermedades somáticas de células.

Estos efectos también se producen en sistemas artesanales donde la llanta se emplea como combustible alternativo, debido a que se trata de emisiones no controladas en ambientes con escasa ventilación y con exposición continua como el caso de las hornillas paneleras en la región andina colombiana, donde la llanta resulta un energético atractivo debido a su bajo costo y alto poder calorífico.

El uso de llantas como energético tiene un agravante adicional y sobre el cual no se tienen estudios concretos, y es el efecto de la transferencia de componentes gaseosos a alimentos como la panela y su posterior absorción en los consumidores habituales del producto. Las razones antes expuestas obligan a que se elaboren NORMAS más estrictas que regulen la quema de llantas a cielo abierto y en especial para la elaboración de alimentos o bebidas.

## **Almacenamiento inadecuado**

Existen básicamente cuatro impactos asociados con el inadecuado almacenamiento de este tipo de residuos:

- Proliferación de vectores como mosquitos y roedores debido al estancamiento de las aguas y la inaccesibilidad de zonas de almacenamiento (se recomienda perforar las llantas antes de almacenarlas a la intemperie).
- Riesgo de incendios incontrolables en lugares donde se apilan gran cantidad de llantas sin la apropiada distribución y medidas de control mínimas.
- Riesgos de derrumbe cuando se apilan gran cantidad de llantas de manera inadecuada.
- Deterioro del entorno y del paisaje debido al apilamiento inadecuado.

(Cámara de Comercio de Bogotá, 2006)

## **Programa Posconsumo de Llantas en Colombia**

El programa Posconsumo de llantas usadas busca promover una gestión ambientalmente adecuada de esta corriente de residuos y dar cumplimiento a la normativa vigente (Resolución 1457 de 2010)

Esta resolución tiene como objeto, “establecer a cargo de los productores de llantas que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente”.

### **¿Cómo unirse al programa posconsumo de llantas usadas?**

Esta vinculación se hace mediante la inscripción a un sistema posconsumo de llantas usadas colectivo existente, o construyendo un sistema posconsumo de llantas usadas individual.

Las compañías que tomen la primera opción deben diligenciar un formato de registro que permite identificar el sitio o sitios donde se hará la recolección y la persona encargada de la entrega. Así mismo se suscribe una carta de compromiso para cumplir con el procedimiento establecido por el programa.

Las compañías que tomen la segunda opción deben formular, presentar e implementar el Sistema

### **¿Por qué vincularse al programa posconsumo de llantas usadas?**

a) Porque las llantas son consideradas residuos especiales y no deben ser dispuestos de la misma forma que los residuos ordinarios, adicionalmente porque si son dispuestos de una forma inadecuada pueden ser contaminantes para el medio ambiente y es nuestra responsabilidad cuidarlo, por lo que se les debe dar el tratamiento adecuado.

b) Para cumplir con la Resolución 1457 de 2010 y evitar medidas preventivas y sanciones como:

- Sanción pecuniaria.
- Medida preventiva de suspensión de actividades y de persistir la infracción el cierre definitivo.
- Multas por botar en espacios públicos llantas usadas.

### **¿A quién aplica la resolución 1457 de 2010?**

A productores de 200 o más unidades al año de llantas de automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tractomulas hasta rin 22,5 pulgadas, así como las llantas no conformes. Igualmente, a los productores que importen al año, 50 o más automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tractomula con sus respectivas llantas hasta rin 22,5 pulgadas.

Se debe tener en cuenta que el productor es la persona natural o jurídica que, con independencia de la técnica de venta utilizada:

- a) Fabrique llantas que sean puestas en el mercado nacional con marca propia
- b) Ponga en el mercado con marca propia, llantas fabricadas por terceros
- c) Importe llantas para poner en el mercado nacional
- d) Importe automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tractomulas con sus llantas hasta rin 22,5 pulgadas, para poner en el mercado nacional
- e) Ensamble automóviles, camiones, camionetas, buses, busetas y tractomulas en el país, siempre y cuando importe las llantas hasta rin 22,5 pulgadas para los mismos. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015)

#### **7.1.13. Administración de la Información.**

El registro y control de la información es parte fundamental en un proceso de administración de llantas. Los datos asociados a las tareas administrativas, técnicas y operativas son fuente importante para el seguimiento y control del proceso, el cual comienza desde la adquisición de llantas e inicio del ciclo de uso hasta la determinación de las causas de desecho, generación de estadísticas finales de desempeño y retiro de inventario para cada una de las llantas administradas. Para tal fin, se requiere un software especializado, el cual debe estar diseñado y estructurado de tal manera que permita al gestor de la flota, administrar y controlar sus llantas de una manera eficiente y en tiempo real. La implementación de un software para administración de llantas ayudará a optimizar el costo/km de llantas, con la incorporación de modernas tecnologías para el análisis de la información, y un sistema de inspección de llantas en línea desde un dispositivo móvil y con el apoyo de herramientas electrónicas para toma de datos de profundidades y presiones de inflado de las llantas

Beneficios de la Solución.

- Administración y Control de las llantas.
- Información en Tiempo Real.

- Reducción de costos.

**A continuación un listado de las funciones de un software de administración de llantas.**

**Tabla 5. Modulo Software Administración de Llantas**

<b>Módulos De Software De Administración De Llantas</b>	
<b>Modulo</b>	<b>Objetivo</b>
Compras	Realizar solicitudes y generación de órdenes de compra por recursos para la operación de administración de llantas, desde este módulo se deben realizar todas las adquisición para el proceso
Control de activos	Controlar el inventario de llantas, insumos y equipos de la operación mediante la identificación de cada una de las llantas que ingresan a inventario, el seguimiento a las entradas y salidas de insumos para la operación, y la opción de gestionar los inventarios, mantenimiento y calibración de otros activos como equipos de alineación, balanceo, y equipos de medición.
Actividades de mantenimiento	Realizar registros y consultas de las actividades de mantenimiento ejecutadas a cada llanta o vehículo de la flota, de esta forma se puede contar con la información exacta del ciclo de uso de cada una de las llantas.
Inspección de llantas	Modulo disponible para interactuar con herramientas electrónicas de toma de datos de presión y profundidad de llantas. Esta funcionalidad permitirá registrar en tiempo real los datos del estado de las llantas y realizar actividades de mantenimiento de flota con base en los datos registrados
<b>Modulo</b>	<b>Objetivo</b>
Plan de mantenimiento	Realizar seguimiento al estado del plan de mantenimiento preventivo de la flota. Esta funcionalidad debe presentar un listado general de flota con datos específicos sobre los últimos registros de mantenimientos ejecutados (rotaciones y alineaciones), y generar así un reporte de los próximos vehículos a intervenir, de acuerdo a la parametrización de kilometrajes para servicio de mantenimientos preventivos
Estadísticas de llantas	Realizar seguimiento y evaluación del desempeño de llantas según su marca, referencia, ciclo de uso, posición de montaje, etc.
Reportes de flota	Consultar informes estadísticos a nivel focal o general sobre el estado de las llantas de la flota, generando gráficos y reportes detallados de la participación de llantas según su dimensión, ciclo, marca, referencia de llanta nueva y/o banda de reencauche, profundidad de banda de rodamiento, etc. En este módulo se debe generar un reporte del indicador de " <b>porcentaje de reencauche</b> "
Llantas fuera de servicio	Registrar los datos de estado y causas de retiro de servicio de las llantas a desechar, de igual forma, esta funcionalidad permite la generación de reportes estadísticos de desecho, información muy útil para determinar los principales problemas de mantenimiento y operación de las llantas, y de esta forma facilita la toma de decisiones sobre los planes de acción que aporten a la mejora del proceso y las referencias de llantas que presentan mejor desempeño. En este módulo se deben generar reportes de indicadores de " <b>Índice de reencauche, rendimiento kilométrico, y Costo por kilómetro</b> "

Fuente: Autores

#### **7.1.14. Instalaciones, Equipo, y Herramientas Para Servicio Técnico.**

Con el fin de asegurar la ejecución de servicios de mantenimiento con altos estándares de calidad y confiabilidad, se requiere la asignación de recursos técnicos y de infraestructura que faciliten el buen desempeño del equipo de trabajo de administración de llantas. Entre los primeros aspectos a evaluar se encuentra el área de trabajo para la prestación de servicios técnicos, pues según las condiciones del lugar de trabajo se puede ver afectada o beneficiada la operación de administración de llantas. A continuación se presenta un listado de los requisitos necesarios para la correcta adecuación de infraestructura para el proceso.

**Tabla 6. Instalación y Áreas de Trabajo**

<b>Instalaciones Área de Trabajo</b>	
<b>Aspecto</b>	<b>Observaciones</b>
Dimensión área	Esta se encuentra en función de la dimensión y cantidad de vehículos de la flota, es importante tener en cuenta que se debe contar como mínimo con espacio para estacionamiento de 2 vehículos en el área de montaje de llantas, esto para poder efectuar de forma práctica las rotaciones de llantas entre vehículos, y un cárcamo adicional para ejecución de servicios de alineación
Techo	Con el fin de garantizar una superficie de trabajo seca y libre de condiciones de riesgo que puedan ocasionar accidentes de trabajo, es importante que el área de estacionamiento de vehículos se encuentre cubierta. De igual forma, las áreas de montaje, balanceo, reparación de llantas, alineación y almacenamiento de llantas indispensablemente deben estar cubiertas, esto debido a que en esta área se trabaja con equipos eléctricos y para dar cumplimiento a la normatividad ambiental de almacenamiento de llantas
Iluminación	Un área de trabajo iluminada garantiza las condiciones de seguridad para la ejecución de actividades durante las 24 horas del día. Se debe hacer focalización de las fuentes de iluminación sobre las áreas de trabajo, zonas de costados de los vehículos y al interior del cárcamo de alineación.

<b>Instalaciones Área de Trabajo</b>	
<b>Aspecto</b>	<b>Observaciones</b>
Aire Comprimido	Este es uno de los factores más importantes en la implementación de un proceso de administración de llantas, pues como ya se mencionó en apartados anteriores, la presión de aire es determinante para el cuidado y buen desempeño de las llantas. Se debe dotar al área de trabajo con un equipo compresor de alta eficiencia energética y preferiblemente un bajo nivel de ruido, esto para evitar un mayor impacto de contaminación auditiva en el entorno de trabajo. De igual forma, es importante contar con una red neumática libre de fugas de aire y con suficientes puntos de conexión para anclar mangueras de alimentación para terminales de inflado, llaves de impacto, sellador de pestañas y herramientas neumáticas del equipo de reparaciones de llantas
Suministro de energía	Las tomacorrientes deben ubicarse de forma estratégica para facilitar el acceso a conexión de los equipos del proceso, es importante tener en cuenta los voltajes e intensidades requeridas para conectar los equipos de balanceo, compresor, máquina de montaje, y marcador de llantas, así como otros equipos del proceso que presentan un consumo básico
Bodega para almacenamiento de llantas	El cuidado del inventario de llantas debe ser uno de los principales objetivos en el alistamiento del área de administración de llantas, para tal fin se debe realizar la asignación de una bodega de almacenamiento que cuente con las condiciones de seguridad contra hurtos, y de ser posible un sistema contra incendios. La dimensión del área de almacenamiento debe ser determinada en función a la cantidad de llantas que la flota tiene en operación, debe tenerse en cuenta la capacidad de almacenamiento vertical respetando las cantidades máximas de apilamiento definidas por los fabricantes de las llantas

Fuente: Autores

Al igual que el caso de la infraestructura, los equipos y herramientas para la ejecución de servicios técnicos constituyen un factor determinante para el desempeño del proceso, pues mediante la adquisición de equipos y herramientas modernas y de primer nivel de calidad, se puede facilitar el desempeño del equipo



de trabajo, esto en términos de eficiencia y confiabilidad del proceso. A continuación se presenta un listado de los equipos y herramientas con marcas de referencia sugeridas para el proceso.

**Tabla 7. Equipo y Herramienta**

<b>Equipo y Herramientas para servicio</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Marca / referencia Recomendada</b>
Equipo alineación digital	Hunter WA 430
Balanceadora	Hunter
Compresor	Atlas Copco – Kaeser
Equipo de reparaciones menores y mayores	Tech
Gato hidráulico de botella	Chicago Pneumatic
Gato oleo-neumático	Chicago Pneumatic
Pistola de impacto 1"	Chicago Pneumatic
Juego de copas pistola de impacto	Sunex
Palancas para montaje	TNT
Palancas para montaje	Ken Tool
Despegador de impacto	Ken Tool
Torres para bloqueo	N/A
Taco para bloqueo	N/A
Juego de copas artilleras	Ken Tool
Calibrador de presión	Haltec
Calibrador de profundidad	Mitutoyo
Sellador de pestañas	Gaither
Regrabador Eléctrico	PSO
Marcador de llantas	Elrick
Juego de ratchet y copas	Stanley
Martillo de caucho	N/A
Llave de tubo 24"	Snap-On
Juego de llaves mixtas 26 piezas	Stanley
Seguro para montaje llantas	N/A
Hombresolo	Stanley
Linterna recargable	Energizer
Torquimetro 200 a 1000 lb/ft	Snap-On
Torquimetro 50 a 250 lb/ft	Snap-On
Mueble para herramientas	N/A
Mueble para equipo alineación	N/A

Fuente: Autores

### 7.1.15. Indicadores de Administración de Llantas.

#### 7.1.15.1. Costo por kilómetro.

Es el indicador más importante en la administración de llantas de una flota de transporte, mide directamente el nivel de eficiencia con el que se realizan los procesos técnicos y administrativos, y determina el costo operacional de las llantas usadas en la flota. Este indicador puede variar sustancialmente en función de la calidad de las llantas empleadas en la operación, y la calidad del servicio técnico de mantenimiento aplicado a las llantas. El valor se expresa como un factor de pesos sobre kilómetro y la fórmula para calcularlo está definida de la siguiente forma.

**Ecuación 1. Costo por kilometro**

<b><i>Costo de llanta nueva + costo de reencauche N° 1 + costo de reencauche N° 2 + costo de reencauche n</i></b>
<b><i>Kilometraje recorrido llanta nueva + kilometraje recorrido ciclo 1 + kilometraje recorrido ciclo 2 + kilometraje recorrido ciclo n</i></b>

Fuente: Autores

#### 7.1.15.2. Rendimiento kilométrico.

Este indicador mide la cantidad de kilómetros que recorre cada llanta que se emplea en la operación, el valor se expresa como el kilometraje total recorrido y en su cálculo se deben tener en cuenta todos los kilómetros recorridos en cada ciclo de uso de las llantas, la fórmula de cálculo se define de la siguiente forma.

Es importante tener en cuenta que este indicador debe medirse únicamente en las llantas que salen fuera de servicio durante el periodo evaluado, por lo general se realiza una medición mensual. No es aconsejable realizar

proyección de rendimientos de llantas que se encuentren en operación, pues estas proyecciones de rendimiento no son reales y pueden dar tendencias de información errónea.

**Ecuación 2. Rendimiento Kilométrico**

$\frac{\text{Kilometraje recorrido llanta nueva} + \text{kilometraje recorrido ciclo 1} + \text{kilometraje recorrido ciclo 2} + \text{kilometraje recorrido ciclo } n}{\text{Suma de cantidad de llantas que sale fuera de servicio durante el periodo evaluado}}$
---

Fuente: Autores

### 7.1.15.3. Índice de reencauche.

El índice de reencauche es un factor que determina la cantidad de veces que se reencauchan las llantas de una flota, este indicador es variable en función de la calidad de las llantas empleadas para la operación y la calidad del servicio de mantenimiento definido por la empresa, para realizar el cálculo se deben tener en cuenta grupos de llantas fuera de servicio que salen de la operación, por lo general se realiza una toma de datos y se lleva seguimiento de este indicador con una periodicidad mensual. La fórmula para calcularlo está definida de la siguiente forma.

**Ecuación 3. Índice de Reencauche**

$\frac{\text{Suma de cantidad de servicios de reencauches aplicados al grupo de llantas que sale fuera de servicio durante el periodo evaluado}}{\text{Suma de cantidad de llantas que sale fuera de servicio durante el periodo evaluado}}$
--

$\frac{\text{Suma de cantidad de servicios de reencauches aplicados al grupo de llantas que sale fuera de servicio durante el periodo evaluado}}{\text{Suma de cantidad de llantas que sale fuera de servicio durante el periodo evaluado}}$
--

Fuente: Autores

### 7.1.15.4. Porcentaje de reencauche.

El porcentaje de reencauche mide la participación porcentual de llantas reencauchadas de una flota sobre el total de llantas que compone la flota, este indicador sirve para observar el comportamiento y las posibles tendencias del estado de las llantas administradas. El valor se expresa

como porcentaje y la fórmula para calcularlo está definida de la siguiente forma

**Ecuación 4. Porcentaje de Reencauche**

<i>Numero de llantas reencauchadas que se encuentran en uso</i>	* 100
<i>Total de llantas que se encuentran en uso</i>	

Fuente: Autores.

Una vez definidos los indicadores de administración de llantas, se debe realizar un seguimiento detallado del comportamiento actual del proceso y las tendencias de cambio que se evidencien, de este modo se pueden tomar decisiones estratégicas en busca de la mejora continua, aportando así al cumplimiento de las metas del proceso y de la compañía en general. Entre las decisiones puntuales de gestión del servicio de administración de llantas con base en resultados de los indicadores se pueden destacar los ajustes en el plan de mantenimiento, definición de las marcas de llantas nuevas y bandas de reencauche a emplear en la operación de acuerdo a sus desempeños, y formulación y/o replanteo de presupuesto de administración de llantas entre otros.

## **7.2. Análisis de Datos**

Una vez ejecutada la recolección de datos, se puede concluir que un proceso de administración de llantas consiste en una amplia tarea que abarca múltiples variables que requieren una especial gestión y seguimiento detallado con el fin de obtener resultados eficientes. Tareas puntuales como el diagnóstico inicial del estado de las llantas y formulación de un plan de trabajo inicial, la definición y asignación de los recursos para la operación, la evaluación y selección de proveedores del proceso, la formulación, seguimiento y evaluación de un plan de mantenimiento preventivo, la medición de desempeño del proceso, la selección, implementación y seguimiento al sistema de información del proceso, y la gestión de llantas fuera de servicio entre otras tareas, constituyen un trabajo denso que

debe ser ejecutado de manera oportuna y organizada. Después de evaluar el amplio alcance y los grados de especialidad y complejidad del tema a nivel técnico, administrativo y económico, se concluye que es necesario generar una guía técnica de administración de llantas que contenga la información necesaria para la implementación y el desarrollo de un proceso de administración de llantas. Dicha guía será de gran utilidad, pues se pondrá al servicio de los interesados en la comunidad estudiantil, los administradores de mantenimiento de flotas de transporte, y demás personas interesadas en el estudio de los procesos de administración de llantas. Esta guía se plantea con el fin de brindar información técnica y administrativa para la implementación, seguimiento, evaluación y mejoramiento de procesos de administración de llantas en flotas de transporte.

### **7.3. Guía Técnica**

Se elabora el documento “Guía técnica para la administración de llantas en autobuses de transporte urbano”, la cual será un anexo al presente documento.

### **7.4. Entrega de Resultados**

Como resultado de la presente monografía se realiza entrega de los siguientes documentos:

- Monografía “GUÍA TÉCNICA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LLANTAS EN AUTOBUSES DE TRANSPORTE URBANO”
- Guía técnica para administración de llantas en flotas de autobuses de transporte urbano
- Artículo en formato paper con una síntesis sobre el trabajo realizado

Todos los documentos son puestos a disposición de la comunidad estudiantil y de las empresas de transporte que se encuentren interesadas en su estudio y aplicación.

## **8. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN.**

### **8.1. Fuentes Primarias.**

Como fuente de información podemos tener la experiencia laboral de uno de los autores del proyecto, él se desempeña como coordinador de llantas en una de las grandes empresas que prestan este tipo de servicio a otras grandes compañías de transporte, y tiene acceso a gran parte de la información que estamos trasladando para ser usada por otras empresas o propietarios de flotas de transporte que no podrían acceder a un tipo de servicio como el que prestan estas grandes empresas.

Adicionalmente para investigación definimos como las fuentes primarias de la obtención de la información, enunciamos capacitaciones realizadas por los diferentes distribuidores de llantas en nuestro país y otros entes gubernamentales que tienen el conocimiento sobre el tema que estamos tratando.

- Capacitación de llantas Michelin (Bogotá, 2010).
- Curso básico de llantas Fenalco (Bogotá, 2008).
- Curso básico de llantas de camión (RAC Llantas).
- Curso básico de llantas Ivan Gallardo (2012).
- Curso básico de administración y control de neumáticos (México 2013).  
([intercartraining.com.mx](http://intercartraining.com.mx))

### **8.2. Fuentes Secundarias.**

En las fuentes secundarias, incluimos guías, normas y libros que nos aportaron en el desarrollo de nuestra investigación.

- Guía para el manejo de llantas usadas, Cámara de Comercio de Bogotá.

[http://www.ambientebogota.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=ab80a611-f997-4864-bd6e-7aa0d8680067&groupId=10157](http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=ab80a611-f997-4864-bd6e-7aa0d8680067&groupId=10157).

- Enciclopedia Ingenieria del automóvil Pablo Luque (España 2004).
- Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible de la Republica de Colombia.
- Ministerio de Industria y Comercio.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC).

## 9. ANALISIS FINANCIERO.

Nuestro análisis financiero muestra cuales fueron los costos totales que llevó la elaboración de total del proyecto, adicionalmente podemos observar que la TIR nos brinda una información importante, sobre cuantos asesoría debemos generar con el fin de lograr un retorno positivo a la inversión realizada.

Al realizar la revisión y análisis de las tabas del presupuesto de proyecto y la del retorno a la inversión TIR, definimos que con el valor que planteamos cobrar por la prestación de cada servicio de asesoría, nuestro proyecto entregara una rentabilidad positiva o utilidad desde la 4 asesoría realizada.

### 9.1. Presupuesto del Proyecto

**Tabla 8. Presupuesto del Proyecto**

PRESUPUESTO DEL PROYECTO					
RECURSO HUMANO					
CARGO	TIEMPO EN HORAS/SEMANA	SEMANAS	TOTAL HORAS	VALOR HORA	TOTAL
Ingeniero Especialista	40	8	320	\$ 25.300	\$ 8.096.000
Ingeniero Especialista	40	8	320	\$ 25.300	\$ 8.096.000
Total	80	16	640	\$ 50.600,00	\$ 16.192.000,00
RECURSOS TECNICO Y TECNOLOGICOS					
TIPO	CANTIDAD	VALOR UNI		VALOR TOTAL	
Papelería	Gl	\$ 350.000		\$ 350.000	
Equipo de Computo	2 und	\$ 230.000		\$ 920.000	
Equipos de Comunicación	2 und	\$ 90.000		\$ 360.000	
Internet	320 horas	\$ 1.500		\$ 480.000	
Total				\$ 2.110.000	
	TOTAL EJECUCION DEL PROYECTO			\$ 18.302.000	



## 9.2. Retorno de la Inversión.

Tabla 9. Retorno Inversión

Calculo de la TIR del Proyecto	
Inversion Inicial	\$ (18.302.000)
Ingresos # 1	\$ 5.000.000
Ingresos # 2	\$ 5.000.000
Ingresos # 3	\$ 5.000.000
Ingresos # 4	\$ 5.000.000
Ingresos # 5	\$ 5.000.000
<b>TIR</b>	<b>11%</b>

TIR 3 Asesorías	-9%
TIR 4 Asesorías	4%
TIR 5 Asesorías	11%

## 10. TALENTO HUMANO.

- **Como se afecta positivamente.**

Dado que buscamos generar que las flotas de transporte potencialicen sus utilidades, ya que se contara con una herramienta que aporta la información para llevar un control efectivo de costos de mantenimiento en llantas, en que afecta positivamente al talento humano, en que todo el personal que trabaje ya sea en el mantenimiento u operando uno de los vehículos de la flota, contara con nuevas herramientas para controlar, supervisar y revisar que este elemento tan importante, se conserve en buen estado.

- **Como lo logramos.**

Esto lo haremos mediante un sistema de capacitaciones que nos permitan entregar la información que se requiere de acuerdo con la experiencia o experticia para realizar cada una de las actividades de control, supervisión o revisión.

Esto contribuye a generar un sentido de pertenencia sobre los activos de la compañía, que a su vez se ve retribuido en el cuidado del mismo por cada uno de los responsables directos, en este caso de los conductores u operadores.

Se deberán tener en cuenta los siguientes temas de capacitación, que estarán dirigidas e al personal operador o conductor de los vehículos de la flota.

❖ Componentes de las llantas.	❖ Altura de sección.	❖ Nomenclatura de las llantas
❖ Tipos de construcción.	❖ Diámetro total.	❖ Presión de aire.
❖ Dimensiones de la llanta.	❖ Ancho de rin.	❖ Mantenimientos y cuidados
❖ Ancho de sección.	❖ Ancho de la banda de rodado.	
❖ Ancho de sección bajo carga.	❖ Radio de rodado.	
	❖ Rango de carga.	
	❖ Índice de carga.	

Adicionalmente se plantea realizar las siguientes capacitaciones la personal que directamente será el encargado de realizar los esquemas de mantenimiento en la flota de transporte.

**Tabla 10. Capacitaciones Personal Técnico**

MATRIZ DE CAPACITACIONES PARA EQUIPO DE TRABAJO DE ADMINISTRACIÓN DE LLANTAS						
Nombre Del Curso	Nombre Empresa	Dirigido a				
		Técnico de llantas	Técnico alineador	Supervisor de llantas	Auxiliar de programación y control de mantenimiento	Coordinador
Llantas 1	Distribuidores Goodyear (Automundial, Grupo Guerrero)	X	X	X	X	X
Llantas 2	Distribuidores Goodyear (Automundial, Grupo Guerrero)	X	X	X	X	X
Administración profesional de la garantía	Goodyear De Colombia			X		X
Reparaciones menores de llantas	Red De Distribuciones Y Servicios REDISERV	X	X	X		X
Reparaciones mayores de llantas	Red De Distribuciones Y Servicios REDISERV	X	X	X		X
Alineación de suspensiones y balanceo de llantas	FENALCO	X	X	X		X
Manejo de software de administración de llantas (Modulo operacional)	Según el proveedor del software seleccionado	X	X	X	X	X
Manejo de software de administración de llantas (Modulo administrativo)	Según el proveedor del software seleccionado			X	X	X

Fuente: Autores

## **11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **11.1. Conclusiones.**

- Se logró determinar cuales son los aspectos técnicos de ejecución que se manejan a nivel nacional e internacional para lograr una buena administración de llantas. A su vez contribuimos a que se realice de manera exacta y con el mejor criterio de selección, la clase de neumáticos que se deberá utilizar en la flota de transporte que este siendo analizada.
- Se definieron los indicadores que facilitan la administración de llantas, teniendo en cuenta la información del fabricante y la que se recolecta mediante la implementación de un plan de estas características. Adicionalmente la implementación de planes de reencauche de buena calidad, contribuirán a prologar la vida útil de la llantas en servicio, esto representa ahorro en el mantenimiento de la flota de autobuses.
- Como resultado de la investigación se realiza la entrega de una guía técnica en la que se incluye toda la información que los administradores de las flotas de transporte urbano.
- Establecer los planes de capacitaciones a propietarios u operadores, podemos disminuir costos de mantenimiento por posibles daños que se puedan causar a la llantas en la operación.
- Contribuir al medio ambiente, implementado planes de gestión ambiental y de recuperación de materiales, producto del desecho de llantas fuera de servicio.

## **11.2. Recomendaciones.**

- Recomendamos el uso de la guía a empresas de transporte urbano de pasajeros, con el fin de que contribuya a la optimización y reducción de costos en los mantenimientos de llantas.
- Se recomienda tener muy en cuenta todas las recomendaciones dadas por lo fabricantes de llantas, esto contribuye a lograr el más alto y optimo desempeño de las misma.
- Recomendamos realizar las capacitaciones enunciadas, ya que aporten al personal operador de la flota de transporte y al personal técnico de los departamentos de mantenimiento los mecanismos necesarios para lograr el óptimo rendimiento y cuidado de las llantas, teniendo en cuenta las directrices y protocolos que se establezcan.
- Recomendamos tener en cuenta la normatividad existe para la disposición final de las llantas fuera de servicio, así se contribuye con el medio ambiente y su conservación.
- Se recomienda impulsar este tipo de proyectos que son de gran ayuda para las empresas de transporte urbano de pasajeros, que no disponen de un plan de actividades de mantenimiento efectivo. Adicionalmente se ve el costo beneficio en la disminución y control en el costo por kilómetro, rendimiento kilométrico, índice de reencauche y porcentaje de rencauche.

## 12. BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA.

### 12.1. Bibliografía.

- GoodYear. (19 de Agosto de 2015). *goodyear.com.co*. Obtenido de <http://www.goodyear.com.co/>: <http://www.goodyear.com.co/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2010). *Norma Técnica Colombiana NTC 5375*. Bogotá: ICONTEC.
- Mantenimiento Mundial. (13 de julio de 2015). *Mantenimiento Mundial*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/tipos.asp>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. (30 de abril de 2015). *minambiente.gov.co*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1767:el-reencauche-el-grano-de-caucho-y-la-sensibilizacion-salidas-al-impacto-ambiental-generado-por-las-llantas-usadas>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (29 de julio de 2010). *www.alcaldiabogota.gov.co*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40063>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (4 de marzo de 2009). *www.mincit.gov.co*. Obtenido de [www.mincit.gov.co/descargar.php?idFile=1110](http://www.mincit.gov.co/descargar.php?idFile=1110)
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (27 de enero de 2010). *www.mincit.gov.co*. Obtenido de [www.mincit.gov.co/descargar.php?idFile=1243](http://www.mincit.gov.co/descargar.php?idFile=1243)
- Ministerio de Transporte y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (21 de noviembre de 2005). *www.alcaldiabogota.gov.co*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18301>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (29 de julio de 2010). *alcaldiabogota.gov.co*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40063>
- Pablo Luque Rodríguez, D. Á. (2008). Ingeniería del automóvil: sistemas y comportamiento dinámico. En D. Á. Pablo Luque Rodríguez, *Ingeniería del*

*automóvil: sistemas y comportamiento dinámico* (pág. 30). Madrid: Paraninfo.

- PODER PÚBLICO - RAMA LEGISLATIVA. (6 de agosto de 2002). *www.alcaldiabogota.gov.co*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5557>
- Revista Carga Pesada. (2011). Administración de llantas. *Revista Carga Pesada*.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2015). *ambiente.gov.co*. Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/llantas-usadas>
- <http://friccion-fisicareal.blogspot.com>
- <http://rccompetenciasruedas.blogspot.com>
- <http://circuitosdefluidosuspensionydireccion>
- <http://www.valanllantas.com>
- <http://www.michelin.com.br>
- <http://tellantas.com/>
- <http://geosthompson.com.mx/>
- <http://www.virtualllantas.com>
- <http://www.conti-online.com>
- <https://www.youtube.com/watch?v=psi-e0qm3ai>
- <http://www.transportelatino.net/>
- <http://www.michelin.es/>
- <http://www.tellantas.com>
- <http://www.administraciontaxi.com>
- <http://www.regigantes.com>
- <http://www.master.com.co>
- [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1076\\_q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1076_q.pdf)
- [http://www.depaginas.com.ar/monografiasde-oferta-y-demanda-de-llantas-\(peru\)](http://www.depaginas.com.ar/monografiasde-oferta-y-demanda-de-llantas-(peru))
- <http://hdl.handle.net/123456789/553>
- <http://www.michelin.com>

- <http://www.foreignphotographer.com>
- <http://www.4freephotos.com>
- <https://pixabay.com>